

半导体

IGBT：乘新能源汽车之风，国产替代扬帆起航

新能源汽车开启半导体新一轮成长趋势。

汽车电动化、网联化、智能化发展趋势中带动汽车半导体需求大幅度增长。根据 Gartner 预测的数据，2024 年单辆汽车中的半导体价值有望超过 1000 美元，我们预测中国 2025 年新能源汽车有望达到 600-700 万辆，经测算中国新能源汽车半导体市场规模在 2025 年有望达到 62.8 亿-73.2 亿美元。汽车半导体包含功率、控制芯片、传感器，其中功率半导体的在新能源汽车半导体价值量中的占比达到 55%。

IGBT 为新能源应用刚需芯片，国内企业迎来国产替代&行业红利双击

IGBT 应用于新能源的电压转换，例如：汽车动力系统、光伏逆变器等，IGBT 功率模块均是逆变器的核心功率器件，在电动车动力系统半导体价值量中占比 52%。IGBT 透过控制开关控制改变电压具备耐压的特性被各类下游市场广泛使用，此外由于 IGBT 工艺与设计难度高，海外企业凭借多年的积累占据较大的市场份额；国内厂商近年来通过积极投入研发成功在国内新能源汽车用 IGBT 模块市场中占取到了一定份额，但仍有很大的替代空间。

新能源&碳中和趋势推动 IGBT 供不应求，价格与拉货周期均为上涨态势

IGBT 除了新能源汽车也常被用于光伏、风电、工控、家电、轨交等领域；受益于碳中和趋势推动，IGBT 迎来广阔的成长空间。IGBT 目前生产大多以 8 英寸晶圆为主，需求增速大幅高于供给增速，因此 8 英寸晶圆需求一直保持高位。供需缺口使得 IGBT 产品货期持续拉长，截至 2021 年 Q3 仍未出现缓解的现象；英飞凌与 Microsemi 部分 IGBT 产品的交货周期已延长至 50 周，且相关产品价格也表现出上涨的趋势。

国内 IGBT 企业已实现 0-1 突破，紧握手缺货朝下国产化机遇启动放量

海外企业凭借多年积累，在 IGBT 产品市场占据了一定的先发优势与市场份额；国内新能源汽车 IGBT 模块市场中，海外企业占据垄断地位，其中英飞凌市占率达到 58.20%。国内企业近年来通过积极投入研发，紧抓国产替代机遇，成功在国内新能源汽车用 IGBT 模块市场中占取到了一定份额，实现 0 到 1 的突破；随着国产替代加速推进，包含时代电气、士兰微、斯达半导体、宏微科技、新洁能、华润微等国内厂商将迎来 1 到 N 放量的黄金期。

建议关注（按市值排序）：时代电气、士兰微、华润微、斯达半导体、扬杰科技、新洁能、宏微科技、华微电子、东微半导体（未上市）

风险提示：景气度不如预期、产品升级迭代不如预期、产能紧缺风险、系统性风险

证券研究报告

2021 年 11 月 21 日

投资评级

行业评级 强于大市(维持评级)

上次评级 强于大市

作者

潘暕 分析师
SAC 执业证书编号：S1110517070005
panjian@tfzq.com

程如莹 分析师
SAC 执业证书编号：S1110521110002
chengruying@tfzq.com

行业走势图



资料来源：贝格数据

相关报告

- 《半导体-行业深度研究:晶圆代工:或跃在渊》2021-11-02
- 《半导体-行业深度研究:第三代半导体:新能源汽车+AIOT+5G 撬动蓝海市场,碳中和引领发展热潮》2021-10-26
- 《半导体-行业研究周报:台积电单月营收再创新高,A股半导体进入预增窗口》2021-10-12

内容目录

1. 新能源汽车开启半导体行业新一轮成长趋势.....	6
1.1. 汽车半导体量价齐升，市场空间正快速扩大.....	6
1.2. 电动化+数字互联带动功率模拟芯片、控制芯片、传感器需求提升.....	10
1.3. 新能源汽车的电力系统中，功率 IGBT 价值占比达 52%.....	11
2. IGBT 为新能源应用刚需芯片，国产替代&行业红利双击.....	14
2.1. IGBT 设计和工艺难度大、产品生命周期长、高压应用门槛高.....	14
2.1.1. IGBT 结构不断升级，协同第三代半导体技术创新.....	14
2.1.2. 模块封装为核心竞争力之一，适用于各种高电压场景.....	20
2.1.3. 制造工艺正从 8 英寸晶圆朝向 12 英寸升级迭代.....	21
2.2. 新能源应用需求大幅提升，驱动 IGBT 供需持续紧缺.....	23
2.2.1. 新能源汽车：IGBT 是核心零部件，单车价值量达到上千人民币.....	24
2.2.2. 光伏\风电\工控\家电\轨交：新能源应用驱动 IGBT 快速增长.....	27
2.2.3. 晶圆产能持续紧缺，IGBT 供不应求或延续较长时间.....	31
2.2.4. IGBT 供货周期与价格均有增长，供不应求难以缓解.....	32
2.3. 国内 IGBT 企业实现 0-1 突破，紧抓缺货朝下国产化机遇.....	32
3. 相关企业.....	35
3.1. 时代电气：轨道交通装备龙头，新能源车 IGBT 业务迎来突破.....	35
3.2. 士兰微：IDM 深耕功率 IGBT 赛道，12 英寸厂拥技术和产能优势.....	37
3.3. 华润微：功率半导体 IDM 头部企业，内生+外延持续扩张.....	39
3.4. 斯达半导：IGBT 国内领先企业，募资 SiC 和高压产线打开成长.....	41
3.5. 新洁能：国内 MOSFET 领军企业，IGBT 开启第二增长曲线.....	43
3.6. 宏微科技：IGBT 行业新星，受益新能源、工控应用需求快速发展.....	45
4. 风险提示：.....	47

图表目录

图 1：新能源汽车电动化、网联化、智能化发展.....	6
图 2：HEV、PHEV、BEV 架构.....	6
图 3：HEV、PHEV、BEV 能源消耗和尾气排放和发电排放的示意图.....	6
图 4：全球新能源汽车（PHEV+BEV）销量（万辆）.....	7
图 5：中国新能源汽车销量（万辆）.....	7
图 6：汽车使用阶段碳排放量对比（吨）.....	7
图 7：新能源汽车全球各国家销量（千量）.....	8
图 8：中国新能源汽车渗透率.....	8
图 9：中国新能源汽车销量预测（万量）.....	8
图 10：新能源汽车半导体价值量（美金，2020 年）.....	9
图 11：新能源汽车半导体价值量（美元）.....	9
图 12：中国新能源汽车半导体市场规模（亿美元）.....	9

图 13: 2019 年全球汽车半导体竞争格局	9
图 14: 2019 年主要国家汽车芯片自主产业规模对比	9
图 15: 汽车半导体: 功率、控制器、传感器、存储器	10
图 16: 功率占比大幅提升;	10
图 17: 新能源汽车主要由电池、电机、电控组成	11
图 18: 新能源电控系统所需要的半导体	11
图 19: 电控系统组成	11
图 20: 汽车逆变器内部结构	12
图 21: DC-DC 转换器供给新能源其车低压电子系统的应用	12
图 22: 新能源汽车 BMS 架构	13
图 23: 新能源汽车充电架构	13
图 24: 新能源汽车动力系统价值量占比	14
图 25: IGBT 结构、简化等效电路和电气图形符号	14
图 26: IGBT 技术迭代速度较慢	15
图 27: 英飞凌 IGBT 产品参数迭代情况	16
图 28: 不同材料参数对比	17
图 29: Si 和 SiC 在 MOSFET 和 IGBT 的额定电压范围内的比较	18
图 30: 不同半导体的适用领域各有不同	19
图 31: IGBT 产品分类 (按电压)	20
图 32: IGBT 产品分类 (按封装形式)	20
图 33: IGBT 产业链	21
图 34: 2020 年全球 IGBT 下游应用占比情况	23
图 35: 新能源汽车将成为 IGBT 各下游应用中增速最快的市场	24
图 36: 汽车中的半导体功率器件	24
图 37: 车载 IGBT 产业链	25
图 38: 不同车级 IGBT 价值量 (人民币)	26
图 39: IGBT 模块在直流充电桩中的运用	27
图 40: 中国公共充电桩保有量 (万台)	27
图 41: 加速转型情景下的中国发电结构	27
图 42: IGBT 在光伏发电中的应用	28
图 43: 全球光伏逆变器出货量 (GW)	28
图 44: 我国三大逆变器市场份额占比变化	28
图 45: IGBT 在风力发电中的应用	29
图 46: 中国风力发电量统计预测 (亿千瓦时)	29
图 47: FF1800R17IP5 全功率变流器用量随功率用量增长而增加	29
图 48: 国内白电变频占比	29
图 49: 通用变频器的电路结构	29
图 50: 中国电焊机产量 (万台)	30
图 51: 电焊机应用方案	30
图 52: 三点式逆变器主电路原理图	30
图 53: 二点式逆变器主电路原理图	30

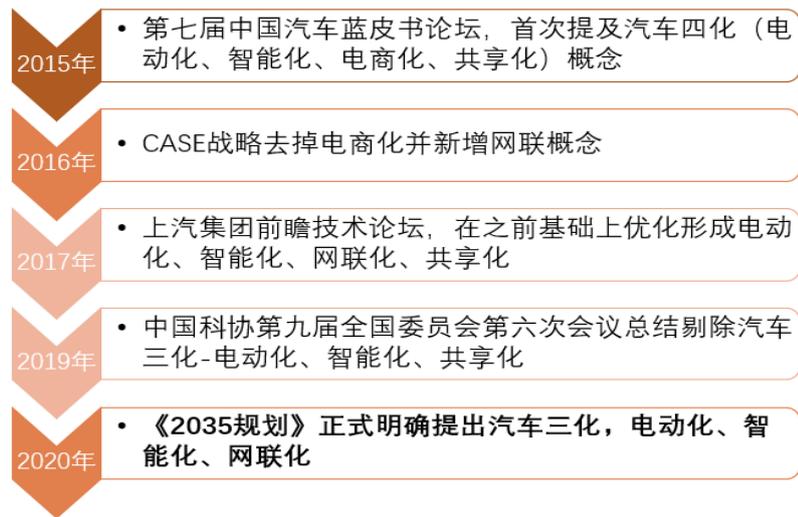
图 54: 中国动车组产量及增长情况 (辆)	30
图 55: 动车组 IGBT 器件等级及数量	30
图 56: 华虹、中芯国际整体产能利用率情况	31
图 57: 世界先进晶圆出货量 (千片)	31
图 58: 部分半导体交期情况 (周)	32
图 59: 部分国际龙头企业 IGBT 产品价格与拉货周期情况 (“↑”表示延长/上涨) ...	32
图 60: 部分 IGBT 厂商产品电压覆盖范围	33
图 61: 2019 年国内新能源汽车 IGBT 模块市占率	33
图 62: 部分本土企业 IGBT 业务近况 (IGBT 技术以英飞凌 IGBT 产品技术为基准) ..	34
图 63: 时代电气功率半导体发展历程	35
图 64: 时代电气营业收入 (亿元) 及同比增速 (%)	37
图 65: 时代电气归母净利润 (亿元) 及同比增速 (%):	37
图 66: 时代电气毛利率与净利率 (%)	37
图 67: 时代电气营收结构	37
图 68: 士兰微发展历程	38
图 69: 士兰微营业收入 (亿元) 及同比增速 (%)	38
图 70: 士兰微归母净利润 (亿元) 及同比增速 (%):	38
图 71: 士兰微毛利率与净利率 (%)	39
图 72: 士兰微营收结构	39
图 73: 华润微发展历程	39
图 74: 华润微营业收入 (亿元) 及同比增速 (%)	40
图 75: 华润微归母净利润 (亿元) 及同比增速 (%):	40
图 76: 华润微毛利率与净利率 (%)	40
图 77: 华润微营收结构	40
图 78: 斯达半导发展历程	41
图 79: 斯达半导营业收入 (亿元) 及同比增速 (%)	42
图 80: 斯达半导归母净利润 (亿元) 及同比增速 (%):	42
图 81: 公司非公开发行非公开发行股票募集资金项目	42
图 82: 斯达半导毛利率与净利率 (%)	43
图 83: 斯达半导主营业务收入结构	43
图 84: 新洁能发展历程	43
图 85: 新洁能产品分类	44
图 86: 新洁能营业收入 (亿元) 及同比增速 (%)	44
图 87: 新洁能归母净利润 (亿元) 及同比增速 (%):	44
图 88: 新洁能毛利率与净利率 (%)	45
图 89: 新洁能营收结构	45
图 90: 公司非公开发行非公开发行股票募集资金项目	45
图 91: 宏微科技功率半导体发展历程	46
图 92: 宏微科技营业收入 (亿元) 及同比增速 (%)	47
图 93: 宏微科技归母净利润 (亿元) 及同比增速 (%):	47
图 94: 宏微科技毛利率与净利率 (%)	47

图 95: 宏微科技营收结构.....	47
表 1: BJT\MOSFET\IGBT 对比.....	15
表 2: Si IGBT 与 SiC MOSFET 对比.....	18
表 3: 部分 IGBT 厂商 SiC 业务布局.....	19
表 4: 焊接式 VS 压接式.....	21
表 5: 部分 8 英寸功率 IGBT 晶圆厂情况 (截至 2021 年 1 月)	22
表 6: 部分功率 IGBT 晶圆厂 12 英寸产线规划	23
表 7: 车规级芯片与消费、工业级芯片要求对比.....	25
表 8: 不同动力形式新能源汽车 IGBT 使用量	26
表 9: 部分厂商近期功率半导体扩产规划.....	31
表 10: 公司主要产品.....	35
表 11: 公司业务板块.....	40
表 12: 公司主要 IGBT 产品.....	41
表 13: 宏微科技主要产品.....	46

1. 新能源汽车开启半导体行业新一轮成长趋势

汽车三化（电动化、网联化、智能化）趋势将带动汽车半导体需求大幅增长。根据国务院办公厅 2020 年发布《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》，新能源汽车已成为全球汽车产业转型发展的主要方向和促进世界经济持续增长的重要引擎，过去 10 年中国新能源汽车已经从 0 到 1 突破，有望迎来 1 到 N 的加速发展段，而电动化、网联化、智能化也成为汽车产业的发展趋势，其中半导体在三化发展中起到至关重要的作用，是汽车三化发展的核心支撑，随着三化的发展有望带动汽车半导体需求大幅度增长。

图 1：新能源汽车电动化、网联化、智能化发展



资料来源：中汽数据、长三角新能源汽车研究院，天风证券研究所

1.1. 汽车半导体量价齐升，市场空间正快速扩大

BEV 纯电动车有望成为未来新能源汽车发展的主要方向。新能源汽车根据发动机主要可以分为 HEV（混合动力汽车）、PHEV（插电式混合动力汽车）、BEV（纯电动汽车）。其中，HEV 是最常见的混合动力类型，它的动力驱动方式可以通过使用燃料的发动机和带有电池的电动机。PHEV 电池容量比较大，由较长的纯电续航里程，且有充电接口，一般需要专用的供电桩进行供电，在电能充足的时候，采用电动机驱动车辆，而电能不足时，发动机发电给动力电池。BEV 则不需要燃油机，只需要依靠电池提供能量，所以会配置较大容量的电池。BEV 的优势在于零排放。受益于国家的双碳计划，BEV 有望成为未来新能源汽车发展的主要方向。

图 2：HEV、PHEV、BEV 架构

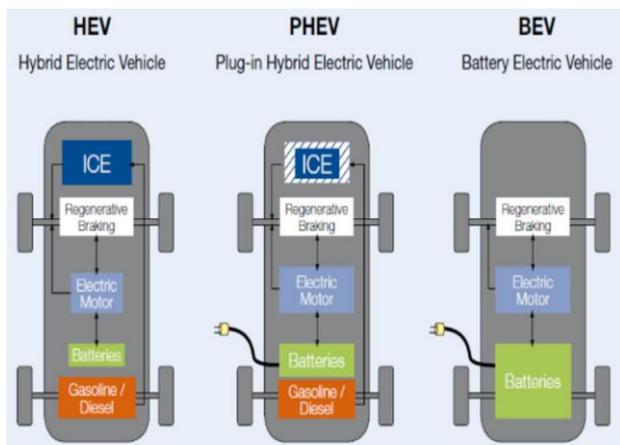


图 3：HEV、PHEV、BEV 能源消耗和尾气排放和发电排放的示意图

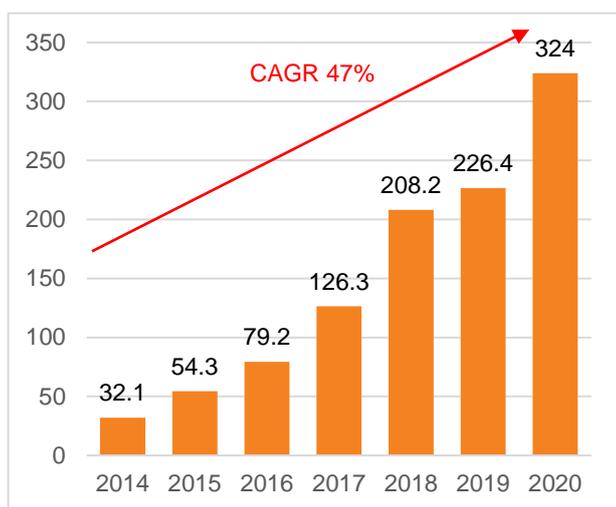
	Hybrid Electric Vehicle (HEV)	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)	Battery Electric Vehicle (BEV)
Sources of energy			
Consumption*			
Tailpipe emissions*			No emission
Power plant emissions** (non-renewable power generation)	No emission		

资料来源：SplusMai、SolarJourney，天风证券研究所

资料来源：splusmai、sciencedirect《Atmospheric Environment Volume 185》，天风证券研究所

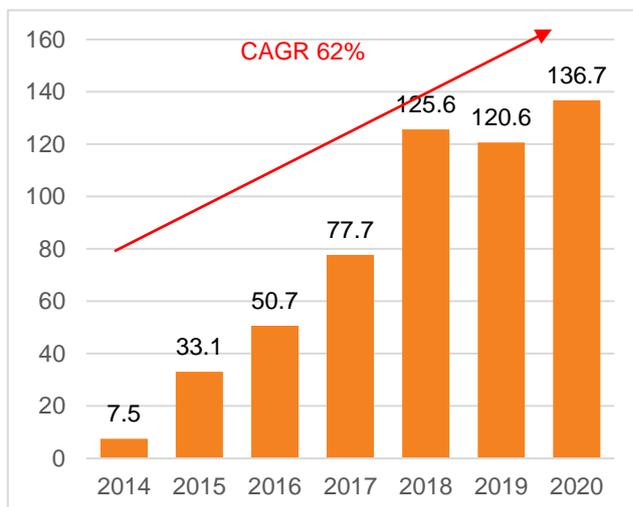
中国新能源汽车销量增速高于全球，2020年中国新能源汽车销量达到136.7万辆。根据EV-volumes公布的数据，2014年全球新能源汽车销量为32.1万辆，2020年达到324万辆，2014-2020年复合增长率为47%；根据中国汽车工业协会公布的数据，2014年中国新能源汽车销量为7.5万辆，2020年达到136.7万辆，2014-2020年复合增长率为62%；整体来看全球与中国新能源汽车销量皆快速增长，且中国的增速高于全球。

图4：全球新能源汽车（PHEV+BEV）销量（万辆）



资料来源：ev-volumes，天风证券研究所

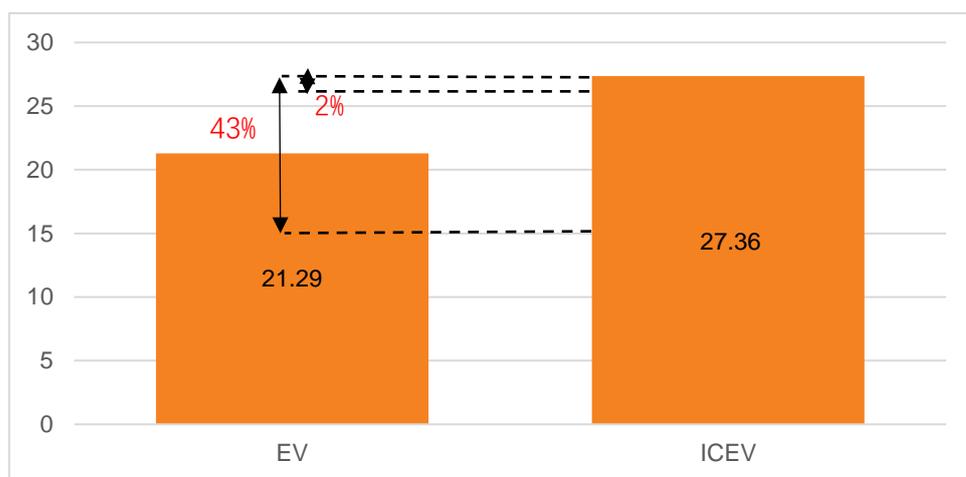
图5：中国新能源汽车销量（万辆）



资料来源：中汽协、智研咨询，天风证券研究所

双碳计划促进新能源汽车发展，新能源汽车的碳减排潜力相较传统燃油车更具优势。国内要实现双碳目标，可能性路径包括中国工业和公路交通等领域加速电气化、加速部署可再生能源等零碳电源等。受益于双碳目标，新能源汽车替代传统燃油车已是大势所趋。在车辆使用阶段，新能源汽车的碳减排潜力有明显优势。纯电动汽车与油车相比，单车运行阶段减排比例介于2~43%。若电动汽车的电耗降低，新能源电力使用比例提高，新能源汽车减排量比例还会进一步提升。

图6：汽车使用阶段碳排放量对比（吨）

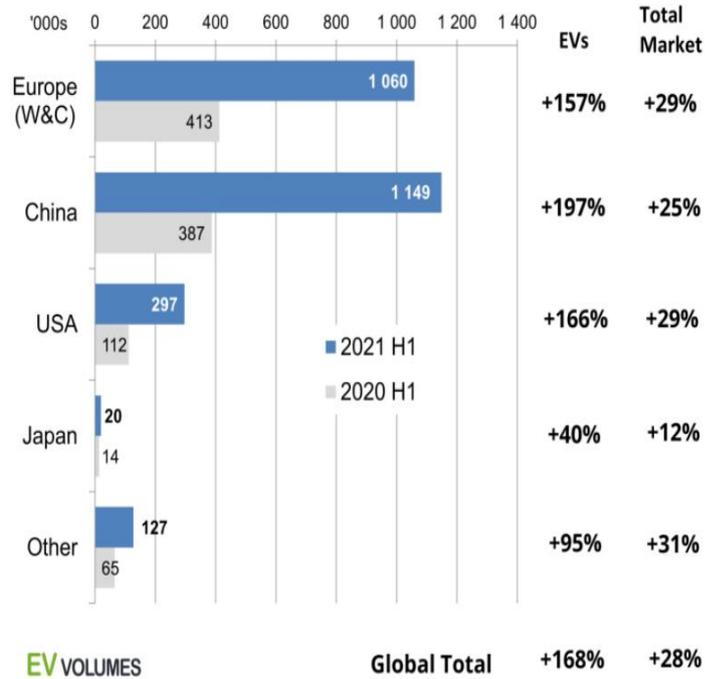


资料来源：电动邦、《中国节能与新能源汽车可持续发展与碳交易研究》，天风证券研究所

2021年上半年全球新能源汽车销量同比接近翻倍，全球各国家销量皆大幅度提升。根据EV-volumes预测，2021年全球新能源汽车销量预计达到640万，相较于2020年同比增长98%。全球轻型汽车市场已从2020年上半年的-28%的低迷中部分恢复，同比增长28%。2021年上半年部分地区新能源汽车由于基数较低因此呈倍数增长，欧洲同比增长

长 157%，中国同比增长 197%，美国同比增长 166%，其余市场同比增长达到 95%；除日本外，所有主要市场在今年上半年的电动汽车销量和份额均创下新纪录。

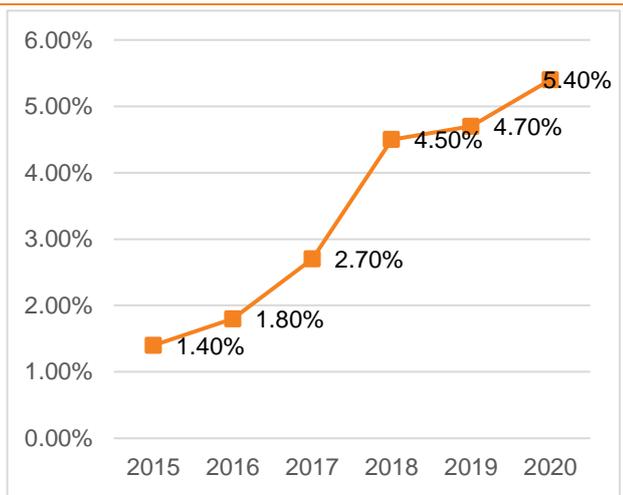
图 7：新能源汽车全球各国家销量（千量）



资料来源：ev-volumes, 天风证券研究所

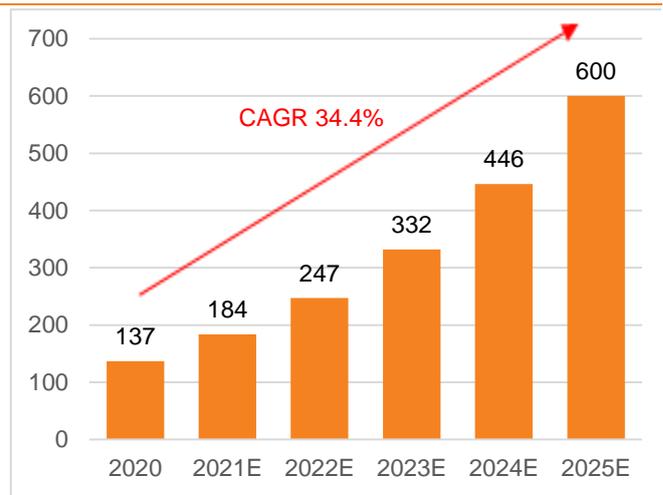
中国新能源汽车渗透率预计在 2025 年达到 20%，预计中国新能源汽车销量超过 600 万辆。国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划(2021 - 2035 年)》提出，新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的 20%左右；此外中汽协预测 2025 年中国汽车销量或到 3000 万辆，根据保守线性推算，我们预计 2025 年中国新能源汽车销量达到 600 万辆，年复合增速达到 34.4%。根据中汽协预测未来五年中国新能源汽车销量年均增速 40%以上的预测，2025 年新能源汽车销量预计达到 735 万辆。

图 8：中国新能源汽车渗透率



资料来源：前瞻产业研究院、ofweek、中汽协，天风证券研究所

图 9：中国新能源汽车销量预测（万量）

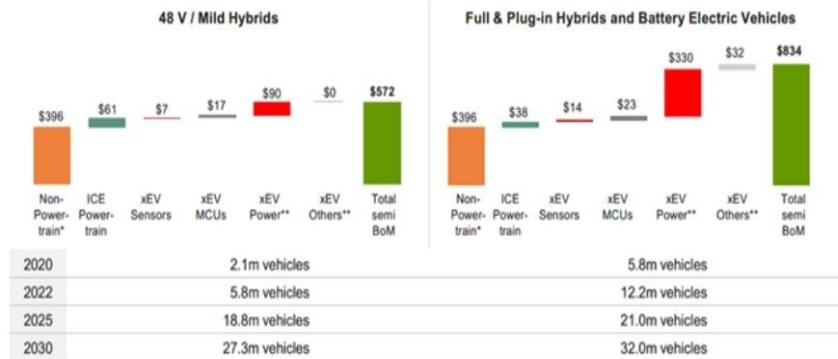


资料来源：中国经济网、中汽协，天风证券研究所

2020 年新能源汽车半导体价值量 834 美金。根据英飞凌、IHS、Automotive Group 等多家机构测算，2020 年 FHEV、PHEV、BEV 单车半导体的成本到了 834 美元，相较于传统燃油车的汽车半导体价值 417 美元，单车半导体价值量翻倍成长；相较于 48V 轻混车，单车半导体价值量增加 45.8%。预计 2025 年，48V 轻混车、FHEV/PHEV/BEV

销量分别将达到 1880 万辆、2100 万辆，基于 2020 年单车半导体 BOM 静态测算，2025 年车用半导体市场规模将达到 282.7 亿美元。

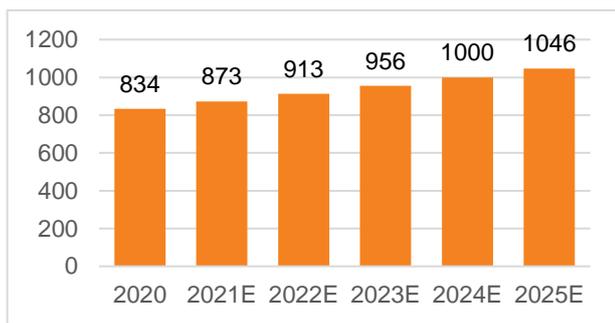
图 10：新能源汽车半导体价值量（美金，2020 年）



资料来源：英飞凌电子生态圈、Infineon、IHS、Automotive Group、NE 时代，天风证券研究所

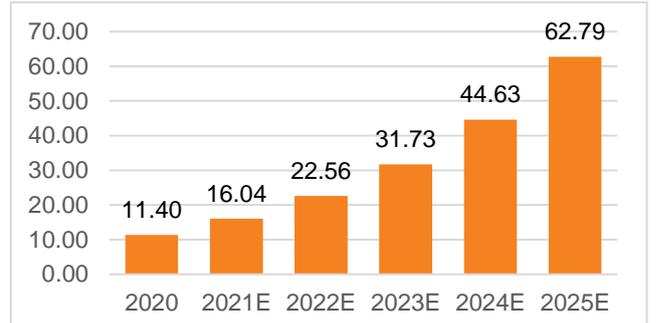
新能源汽车半导体价值量持续增加，保守估计 2025 年中国市场规模达到 70 亿美元。随着汽车电动化、智能化、网联化发展，半导体在单车上的整体价值也越来越高，根据 Gartner 预测的数据，2024 年单辆汽车中的半导体价值有望超过 1000 美元，根据前四年的年复合增长率预测，预计 2025 年达到 1046 美元，中国 2025 年新能源汽车预计达到 600-700 万辆，经测算中国新能源汽车半导体市场规模在 2025 年有望达到 62.8 亿-73.2 亿美元。

图 11：新能源汽车半导体价值量（美元）



资料来源：ylix、Gartner，天风证券研究所

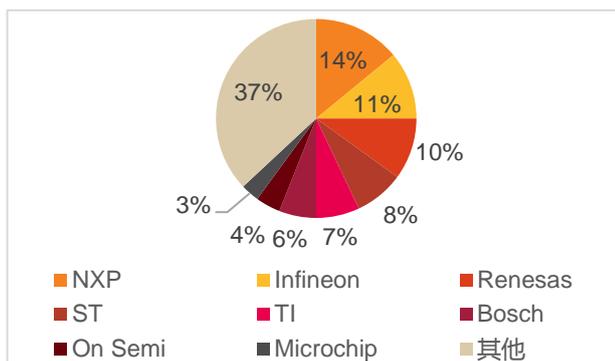
图 12：中国新能源汽车半导体市场规模（亿美元）



资料来源：ylix、Gartner、中国经济网、中汽协，天风证券研究所

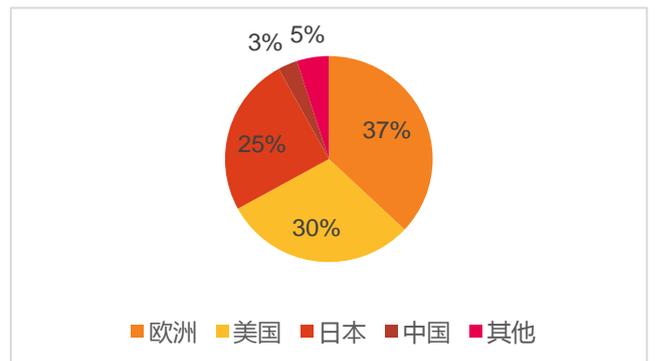
汽车半导体国产化率仅 10%，前八大欧美日企业占整体市场的 63%。根据 ICVTank 数据，2019 年汽车半导体前八大企业为欧美日公司，包含恩智浦、英飞凌、瑞萨半导体、意法半导体、德州仪器等，占整体市场规模的 63%。从自主汽车芯片产业规模来看，欧美日占据整体市场的 93%，欧洲、美国和日本公司分别占 37%、30%和 25%市场份额；中国公司仅为 3%，根据中国汽车芯片产业创新战略联盟数据显示，国内汽车行业商用车芯片自研率仅占 10%，国内汽车芯片市场基本被国外企业垄断，并且具备 90%的替代空间。

图 13：2019 年全球汽车半导体竞争格局



资料来源：ICVTank、前瞻产业研究院、贤集网，天风证券研究所

图 14：2019 年主要国家汽车芯片自主产业规模对比



资料来源：ICVTank、前瞻产业研究院、贤集网，天风证券研究所

1.2. 电动化+数字互联带动功率模拟芯片、控制芯片、传感器需求提升

半导体是汽车发展趋势（电驱化、数字互联）的核心。汽车在电动化、智能化、网联化的发展过程中，半导体是发展的核心支撑。1) 电驱化（电动化），电动与混动汽车的发展要求动力传动系统向电气化迈进，其中由电池、电机、电控组成的三电系统主要以功率半导体为主，包含 IGBT、MOSFET 等。2) 数字互联（智能化、网联化），智能化发展带动具备 AI 计算能力的主控芯片市场规模快速成长；此外智能与网联相辅相成，核心都是加强人车交互，除了加强计算能力的主控芯片外，传感器、存储也是核心的汽车半导体，包含自动化驾驶的实现使传感器需求提升、数据量的增加带动存储的数量和容量的需求提升。

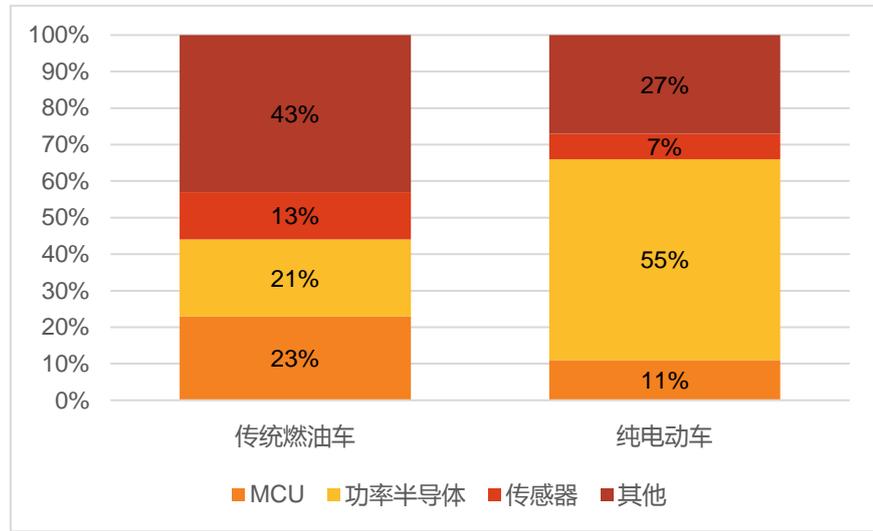
图 15：汽车半导体：功率、控制器、传感器、存储器

车身	仪表/ 信息娱乐系统	底盘/安全	动力总成	高级辅助驾驶/ 自动驾驶	
传感器 (磁性, 压力, 雷达, 电流, 3D ToF, TrueTouch®, CapSense®)					
微控制器 (嵌入式电源集成电路, PSoC™, Traveo™)		微控制器 (AURIX™)			
存储器 (NOR Flash, SRAM, nvSRAM, F-RAM)					
功率 (MOSFETs, IGBTs, modules, driver ICs, power ICs, LDOs, PMICs, USB Type-C PD)					
互联 (USB)		互联 (Wi-Fi, BT, BLE)			
汽车电子应用领域示例：					
<ul style="list-style-type: none"> › 空调 › 车门控制 › 泵 › 座椅调节 › 无线车充 	<ul style="list-style-type: none"> › LED尾灯照明 › 前车灯 › 座椅加热 › 触摸屏 › 座舱充电 	<ul style="list-style-type: none"> › 仪表盘 › 座舱娱乐 › 触摸 › 座舱充电 	<ul style="list-style-type: none"> › 制动 › 转向 › 电子稳定系统 › 主动悬挂系统 › 底盘域控制器 › 防抱死系统 › 安全气囊 › 胎压监测系统 	<ul style="list-style-type: none"> › 引擎管理 › 传动 › 主逆变器 › 辅助系统 › 48V混合动力 › 变速器 › 电池管理系统 › 车载充电器 	<ul style="list-style-type: none"> › 车速控制 › 紧急制动 › 盲点监测 › 传感器融合 › 雷达系统 › 环视系统

资料来源：Infineon，天风证券研究所

汽车半导体绝对值在增长，从分类中功率半导体价值量增加幅度最大。新能源汽车相比传统燃油车，新能源车中的功率半导体价值量提升幅度较大。按照传统燃油车半导体价值量 417 美元计算，功率半导体单车价值量达到 87.6 美元，按照 FHEV、PHEV、BEV 单车半导体价值量 834 美元计算，功率半导体单车价值量达到 458.7 美元，价值量增加四倍多。

图 16：功率占比大幅提升；



资料来源：盖世汽车、Strategy Analytics，天风证券研究所

1.3. 新能源汽车的电力系统中，功率 IGBT 价值占比达 52%

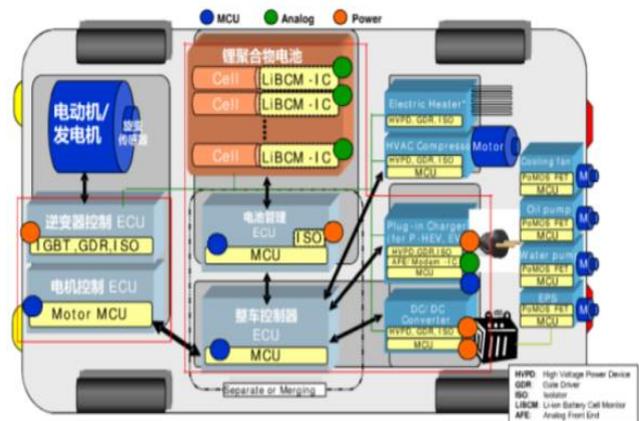
新能源汽车核心-三电系统（电池、电机、电控）。1）电池是新能源汽车的能量来源，替换传统燃油汽车的油箱；动力电池系统主要由电芯、电池管理系统等组成。2）电机负责将电能转换为机械能，包含定子、转子等；3）电控如同汽车的大脑，用来控制电机的启动、暂停、转速、扭矩等各项“动作”。三电系统需要大量的半导体产品包括功率半导体、模拟芯片、控制芯片等；随着电动汽车的发展与普及，汽车半导体迎来快速发展期。

图 17：新能源汽车主要由电池、电机、电控组成



资料来源：Naitokikai，天风证券研究所

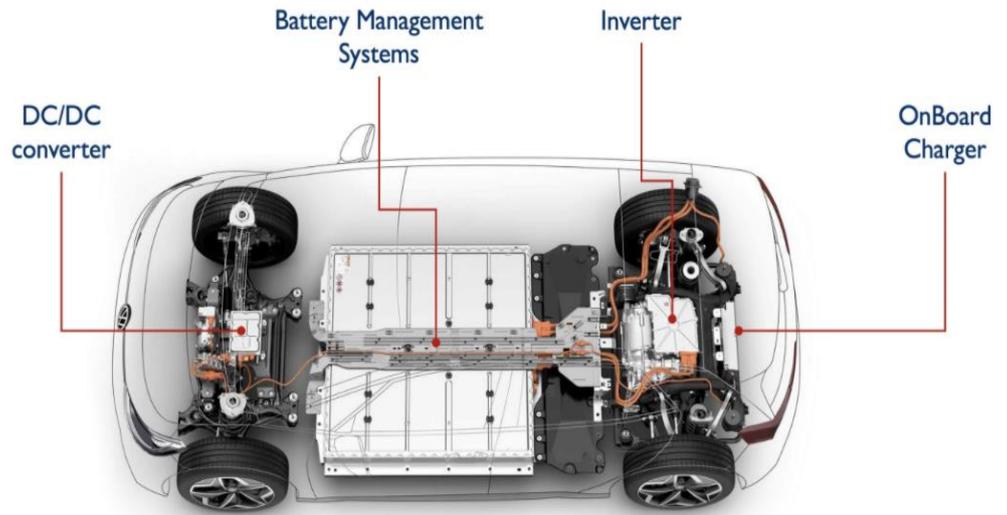
图 18：新能源电控系统所需要的半导体



资料来源：中国电子信息产业发展研究院汽车电子产业联盟，天风证券研究所

电力系统主要分为四大类：DC/DC 转换器、电池管理系统(BMS)、逆变器、车载充电器。1）电池管理系统作为电池安全运用的有力保障，使得电池时刻处于安全和可控制的充放电使用过程中，大大提高了电池在实际使用过程中的循环使用寿命；2）车载充电器是内置在车辆里，用于停车时从交流电网为高压电池再充电的系统；3）逆变器的作用在于将汽车 12V 或 24V（货车用）直流电转换为和市电相同的 220V 交流电；4）DC/DC 转换器的作用在于把常电处理成其它电路设备用的小电压，或把原先的电源加以优化，使得供电系统更加稳定，同时，DC/DC 转换器也有保护的作用。

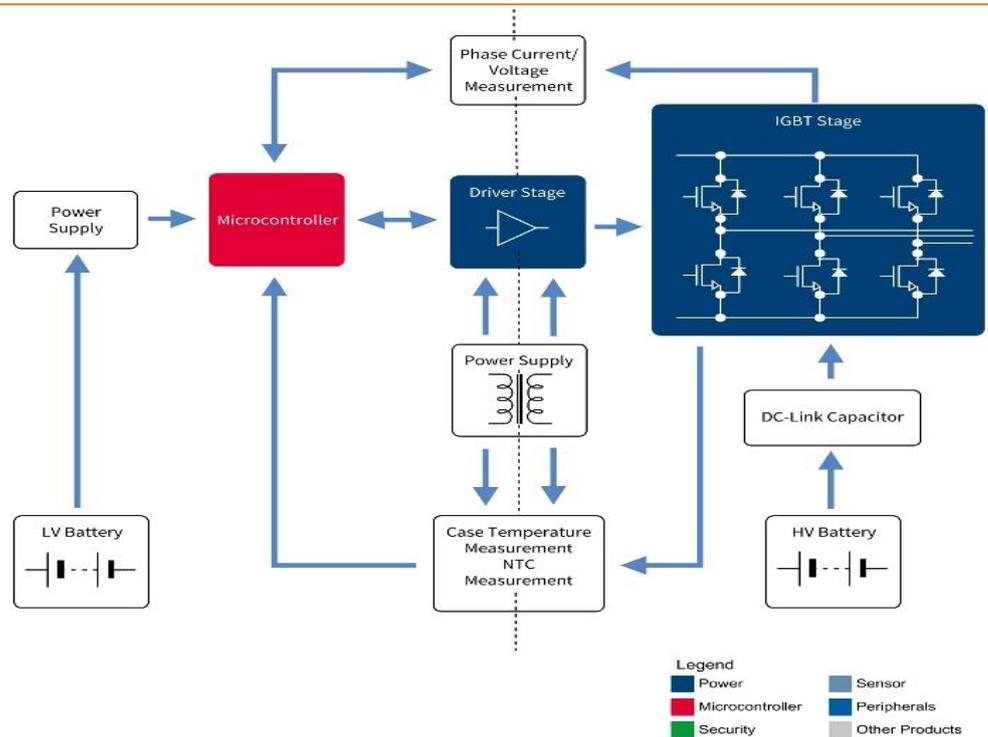
图 19：电控系统组成



资料来源: System Plus Consulting、eeweb, 天风证券研究所

逆变器是汽车的关键部件，主要用到的半导体芯片为 IGBT。逆变器类似于燃油车的发动机管理系统 EMS，决定着驾驶行为。无论电机是同步、异步还是无刷直流电机，逆变器始终以类似的方式运行，其设计应最大限度地减少开关损耗并最大限度地提高热效率。IGBT 是电动汽车逆变器的核心电子器件，重要性类似电脑里的 CPU。

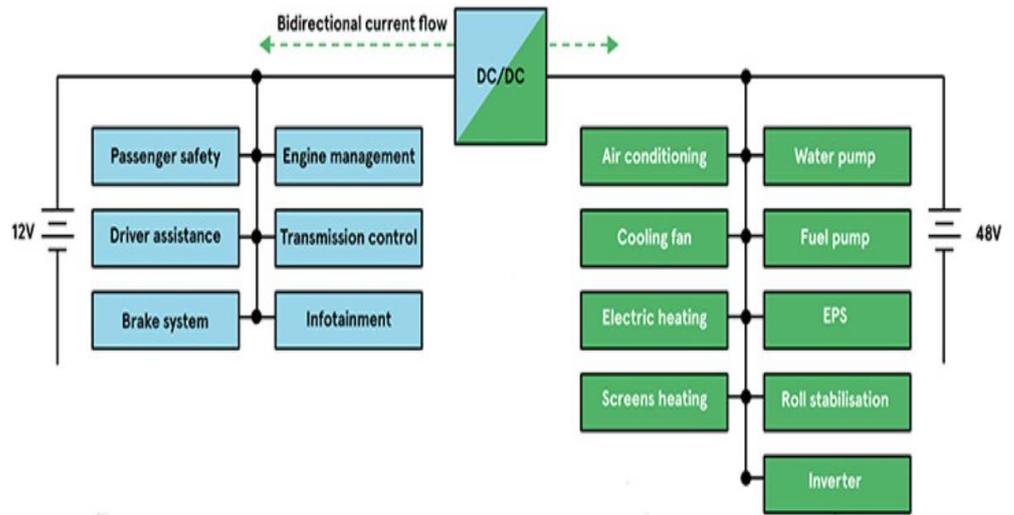
图 20: 汽车逆变器内部结构



资料来源: Infineon, EBVElektronik, 天风证券研究所

DC-DC 转换器供电给汽车低压电子系统。DC/DC 变换器是新能源汽车必须配置的功能，类似燃油汽车中配置的低电压发电机总成，其功能是给车载 12V 或 24V 低压电池充电，并为整车提供全部的低压供电。在新能源汽车中会配置一个 DC/DC 变换器作为能量传递部件，从车载动力电池取电，提高能源的利用率，给车载 12V 或 24V 低压电池充电，并为整车提供全部的低压电子系统供电。

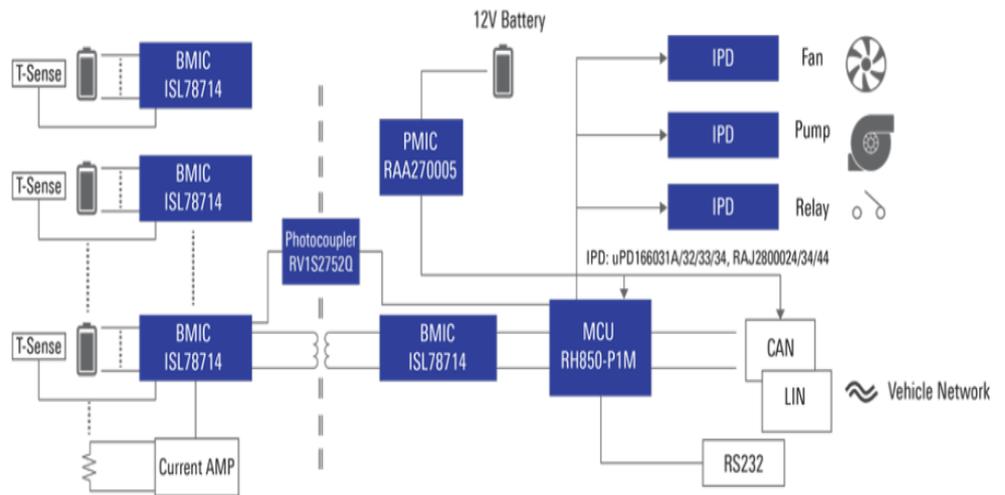
图 21: DC-DC 转换器供给新能源其车低压电子系统的应用



资料来源: avnet, 天风证券研究所

BMS 电池管理系统是电动汽车中电池组的大脑。BMS 可根据起动能力对充电状态、健康状态和功能状态进行快速、可靠的监测，以提供必要的信息。因此，BMS 能够最大限度地降低因为电池意外失效而导致的汽车故障次数，从而尽可能地提升电池使用寿命和电池效率，并实现二氧化碳减排功能。

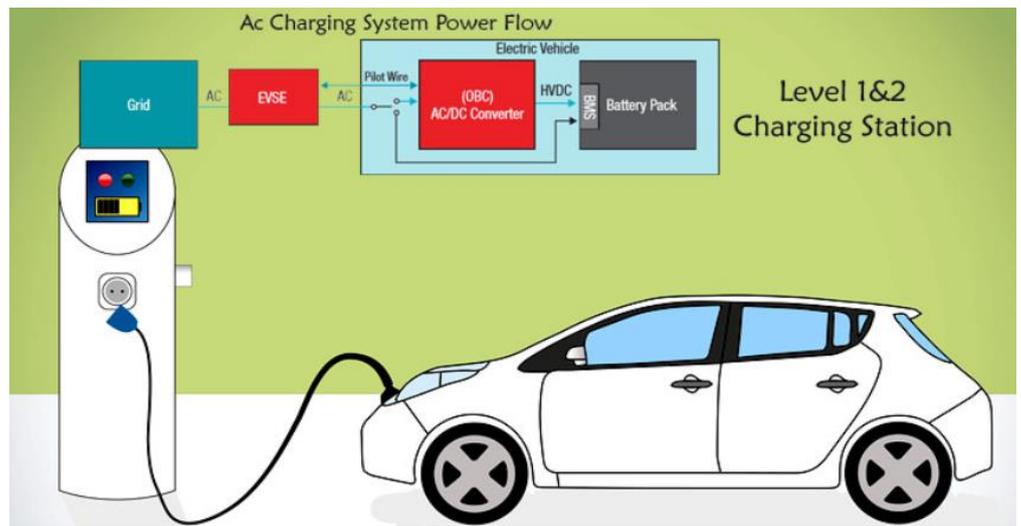
图 22: 新能源汽车 BMS 架构



资料来源: Renesas, 天风证券研究所

OBC 车载充电器主要功能是为电池充电。OBC 的核心功能是整流电源输入，并将其转换为适合电池的充电电压——可能是 400V 或越来越多的 800V。一个典型的 OBC 由多个级联级组成，包括功率因数校正 (PFC)、DC/DC 转换器、次级整流、辅助电源、控制及驱动电路。OBC 具有多种功率等级，功率等级越高，充电时间就越短。最流行的 OBC 功率等级是 3.3kW、6.6kW、11kW 和 22kW。

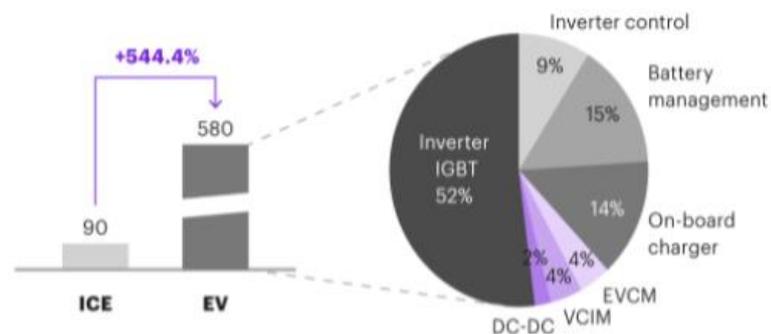
图 23: 新能源汽车充电架构



资料来源：Circuitdigest, 天风证券研究所

新能源汽车动力系统中，逆变器 IGBT 价值量占比 52%。在电动传统系统中，主逆变器负责控制电动机，是汽车中的一个关键元器件，决定了驾驶行为和车辆的能源效率。并且，主逆变器还用于捕获再生制动释放的能量并将此能量回馈给电池，所以，车辆的最大行程与主逆变器的效率直接相关。

图 24：新能源汽车动力系统价值量占比



资料来源：Kearney, 天风证券研究所

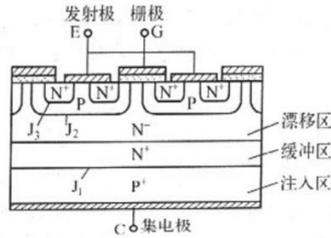
2. IGBT 为新能源应用刚需芯片，国产替代&行业红利双击

2.1. IGBT 设计和工艺难度大、产品生命周期长、高压应用门槛高

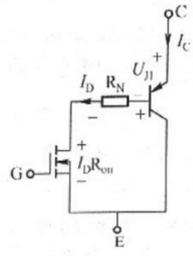
2.1.1. IGBT 结构不断升级，协同第三代半导体技术创新

IGBT 是一个电路开关，透过开关控制改变电压。IGBT (绝缘栅双极型晶体管, Insulated Gate Bipolar Transistor) 是一个三端器件，也是重要的分立器件分支，属于分立器件中的全控型器件，可以同时控制开通与关断，具有自关断的特征，即是一个非通即断的开关。IGBT 拥有栅极 G (Gate)、集电极 C (Collector) 和发射极 E (Emitter)，其开通和关断由栅极和发射极间的电压 U_{GE} 决定；在 IGBT 的栅极和发射极之间加上驱动正电压，PNP 晶体管的集电极与基极之间成低阻状态而使得晶体管导通。

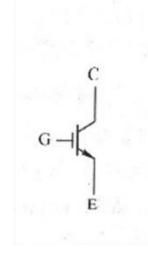
图 25：IGBT 结构、简化等效电路和电气图形符号



内部结构断面示意图



简化等效电路



电气图形符号

资料来源: KIA 官网, 天风证券研究所

IGBT 结合了 MOSFET 与 BJT 的优势。IGBT 结合了 MOSFET 与 BJT 的优点, 既有 MOSFET 的开关速度快, 输入阻抗高、控制功率小、驱动电路简单、开关损耗小的优点, 又有 BJT 导通电压低、通态电流大、损耗小的优点, 此外为了提升 IGBT 耐压, 减小拖尾电流, 结构相对复杂。IGBT 被各类下游市场广泛使用, 是电力电子领域较为理想的开关器件。

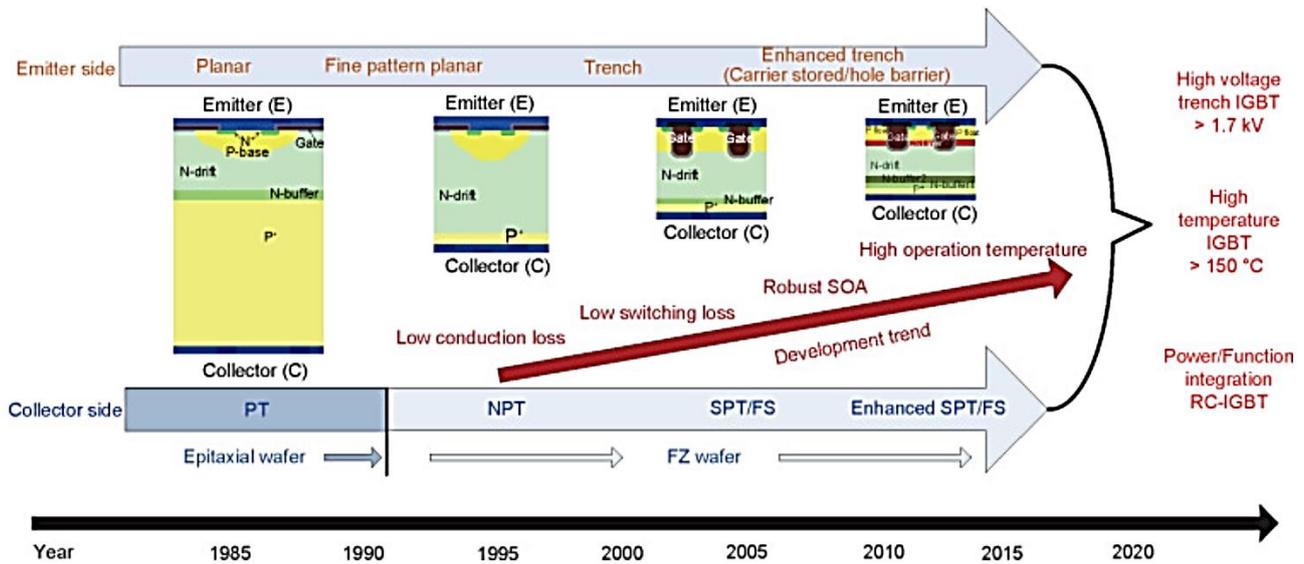
表 1: BJT/MOSFET/IGBT 对比

种类	BJT	MOSFET	IGBT
结构			
驱动方式	电流	电压	电压
导电电荷	电子、空穴	电子	电子
导通损耗	低	高	中
流通能力	大	小	中
开关速度	低	高	中
使用频率	低频 (<10KHz)	高频 (100~500KHz)	中频 (10~100KHz)
驱动电路	复杂	简单	简单
饱和降压	低	高	低

资料来源: 东芝官网、产业信息网、crtronics, 天风证券研究所

IGBT 工艺与设计难度高, 产品生命周期长。IGBT 芯片结构分为正面 (Emitter side) 和背面 (Collectoer side)。从 80 年代初到现在, IGBT 正面技术从平面栅 (Planar) 迭代至沟槽栅 (Trench), 并演变为微沟槽 (Micro Pattern Trench); 背面技术从穿通型 (PT, Punch Through) 迭代至非穿通型 (NPT, Non Punch Through), 再演变为场截止型 (FS, Field Stop)。技术的迭代对改善 IGBT 的开关性能和提升通态降压等性能上具有较大帮助, 但是实现这些技术对于工艺有着相当高的要求, 尤其是薄片工艺 (8 英寸以上的硅片当减薄至 100~200um 后极易破碎) 以及背面工艺 (因正面金属熔点的限制, 所以背面退火激活的难度大), 这也是导致 IGBT 迭代速度较慢。此外, IGBT 产品具有生命周期长的特点, 以英飞凌 IGBT 产品为例, 该产品已迭代至第七代, 但其发布于 2000 年代初的第三代 IGBT 芯片技术在 3300V、4500V、6500V 等高压应用领域依旧占据主导地位, 其发布于 2007 年的第四代 IGBT 则依旧为目前使用最广泛的 IGBT 芯片技术, 其 IGBT4 产品的收入增长趋势甚至持续到了第 15 年。

图 26: IGBT 技术迭代速度较慢



发明年份	1988	1990	1992	1997	2001	2003	2018
技术特点	平面穿透型	改进的平面穿透型	沟槽型	非穿透型	电场截止型	沟槽型电场截止型	微沟槽电场截止型
工艺线宽	5	5	3	1	0.5	0.3	0.3
通态饱和压降	3	2.8	3	1.5	1.3	1	0.8
关断时间 (微秒)	0.5	0.3	0.25	0.25	0.19	0.15	0.12
断压电压 (V)	600	600	1200	3300	4500	6500	7000

资料来源: sciencedirect、华经情报网, 天风证券研究所

高密度、高可靠性、更好的集成散热功能是 IGBT 未来发展趋势。英飞凌作为全球 IGBT 龙头企业, 产品技术已成为本土厂商的对标。截至 2021 年, 英飞凌产品已迭代至第七代。其中, 第五代与第六代均属于第四代的优化版 (第五代属于大功率版第四代, 第六代属于高频版第四代)。IGBT 器件需要承受高电压和大电流, 对于稳定性、可靠性要求较高。未来, IGBT 会朝着更小尺寸、更大晶圆、更薄厚度发展, 并通过成本、功率密度、结温、可靠性等方面的提升来实现整个芯片结束的进步。此外, IGBT 模块的未来趋势也将朝着更高的热导率材料、更厚的覆铜层、更好的集成散热功能和更高的可靠性发展。

图 27: 英飞凌 IGBT 产品参数迭代情况

代数	IGBT	IGBT2	IGBT3	IGBT4	IGBT5	IGBT6	IGBT7
结构							
推出年份	1988	1992	2001	2007	2013	2017	2018
类型	Planar+PT	Planar+NPT	Trench+FS	Trench+FS, 薄晶圆	Trench+FS, 表面覆铜	Trench+FS	Micro Pattern Trench+FS
芯片面积 (相对于IGBT1而言)	1	0.65	0.44	0.4	0.32	0.26	更小
功率密度 (kW/平方厘米)	30	50	70	85	110	170	250
饱和电压 (V)	3.7	3.1	2.1	2	1.7	1.5	1.4
开通延迟时间 (us)	0.3	0.28	0.16	0.06	0.3	0.08	0.15
工作结温	--	125°C	125°C; 600V 150°C	150°C	175°C	175°C	过载175°C

资料来源：罗姆官网、粉体圈，天风证券研究所

第三代半导体物理特性相较于 Si 在工作频率、抗高温和抗高压具备较强的优势。半导体材料领域至今经历了多个发展阶段，相较而言，第三代半导体在工作频率、抗高温和抗高压等方面更具优势。第一代半导体材料主要包括硅 (Si) 和锗 (Ge)，于 20 世纪 40 年代开始登上舞台，目前主要应用于大规模集成电路中。但硅材料的禁带宽度窄、电子迁移率低，且属于间接带隙结构，在光电子器件和高频高功率器件的应用上存在较大瓶颈，因此其性能已难以满足高功率和高频器件的需求。

图 28：不同材料参数对比

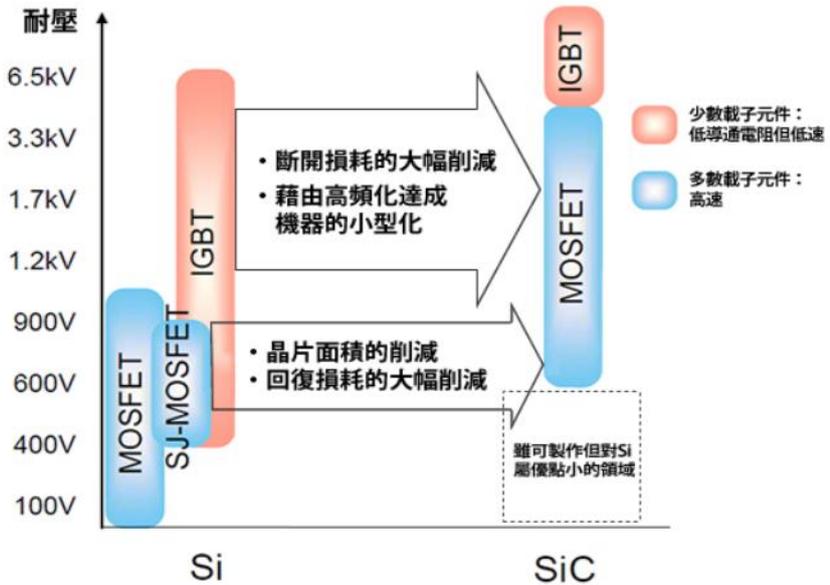
	Si	GaAs	GaN	SiC
禁带结构	间接带隙	直接带隙	直接带隙	间接带隙
禁带宽度 (eV)	1.1	1.4	3.4	3.3
电子迁移率 (cm ² /Vs)	1350	8500	2000	1000
电子饱和漂移速度 (10 ⁷ cm/s)	1.0	1.0	2.7	2.2
相对介电常数	11.9	12.5	8.9	9.7
热导率 (W/cm·K)	1.49	0.54	1.3	4.9
击穿场强 (MV/cm)	0.3	0.4	3.3	2.8
器件理论最高工作温度 (°C)	175	350	800	600

资料来源：中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟、赛迪智库，天风证券研究所

新材料推进新产品发展，高压高频领域适用 SiC。碳化硅在绝缘破坏电场强度为硅的 10 倍，因此 SiC 可以以低电阻、薄膜厚的漂移层实现高耐压，意味着相同的耐压产品 SiC 的面积会比 Si 还要小，比如 900V SiC-MOSFET 的面积是 Si-MOSFET 的 1/35。因此，硅基的 SJ-MOSFET 只有 900V 左右的产品，SiC 可以做到 1700V 以上且低导通电阻。Si 为了改善高耐压化所带来的导通电阻增大主要采用 IGBT 结构，但由于其存在开

关损耗大产生发热、高频驱动受到限制等问题，所以需借由改变材料提升产品性能。SiC 在 MOSFET 的结构就可实现高耐压，因此可同时实现高耐压、低导通电阻、高速，即使在 1200 V 或更高的击穿电压下也可以制造高速 MOSFET 结构。

图 29: Si 和 SiC 在 MOSFET 和 IGBT 的额定电压范围内的比较



资料来源: ROHM, 天风证券研究所

SiC MOSFET 具备一定优势，但成本较高。就器件类型而言，SiC MOSFET 与 Si MOSFET 相似。但是，SiC 是一种宽禁带 (WBG) 材料，其特性允许这些器件在与 IGBT 相同的高功率水平下运行，同时仍然能够以高频率进行开关。这些特性可转化为系统优势，包括更高的功率密度、更高的效率和更低的热耗散。然而，受制于制造成本和产品良率影响，SiC 产品价格较高。由于 Si 越是高耐压的组件、每单位面积的导通电阻变高(以耐压的约 2~2.5 倍增加)，因此 600V 以上的电压则主要使用 IGBT。但是 IGBT 是藉由注入少数载子之正孔子于漂移层内，比 MOSFET 可降低导通电阻，另一方面由于少数载子的累积，断开时产生尾电流、造成开关的损耗。SiC 由于漂移层的电阻比 Si 组件低，不须使用传导度调变，可用高速组件构造之 MOSFET 以兼顾高耐压与低电阻，可实现开关损耗的大幅削减与冷却器的小型化。SiC 在制造和应用方面又面临很高的技术要求，因此 SiC Mosfet 价格较 Si IGBT 高。

表 2: Si IGBT 与 SiC MOSFET 对比

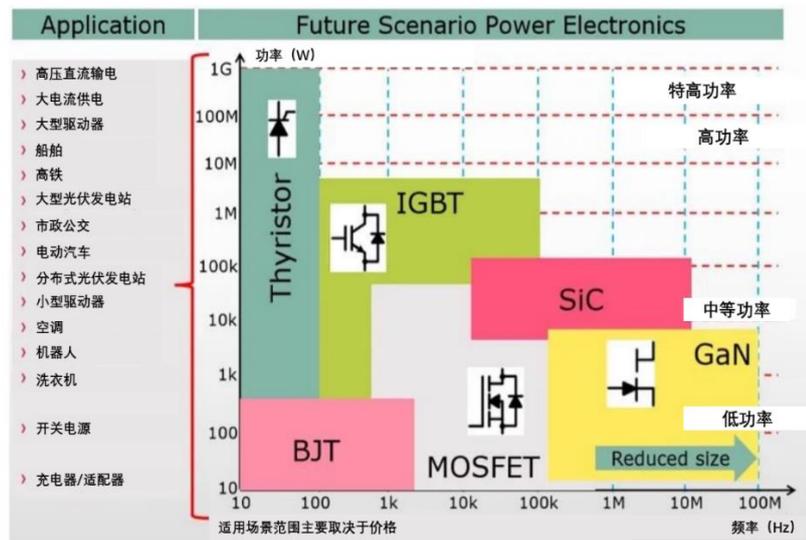
	Si IGBT	SiC MOSFET
电路符号		
电压额定值	≥650V	≥650V
开关频率	中低 (5kHz~20kHz)	高 (>50kHz)
栅极开启电压	~10V~15V (10V~20V)	~5V~20V (25V~30V)
典型应用	电机驱动器 (交流电机)、UPS、集中式和串式太阳能逆变器、EV/HEV 牵引逆变器	PFC-电源、光伏逆变器、用于 EV/HEV 的直流/直流，用于 EV 的牵引逆变器、电机驱动器、铁路

功率等级	>3kW	>5kW
EV 逆变器价格	Powerex -IGBT PM50RL1A120 (1200V / 50A) \$255	Cree-CCS50M12CM2 (1200V / 50A) \$455

资料来源：TI 官网，Semanticscholar、Powerex、Cree，天风证券研究所

根据功率器件的特性，不同功率器件的应用领域各有不同。虽然 IGBT 结合了 MOSFET 与 BJT 的优势，但三者根据各自的器件性能优势，都有适合的应用领域。BJT 更强调工作功率，MOSFET 更强调工作频率，IGBT 则是工作功率与频率兼具。BJT 因其成本优势，常被用于低功率低频率应用市场，MOSFET 适用于中功率高频应用市场，IGBT 适用于高功率中频率应用市场。高功率密度的 IGBT 在性能、可靠性等方面将继续发展，因此在较长一段时间内仍会是汽车电动化的主流器件。SiC 组件具有高压、高频和高效率的优势，在缩小体积的同时提高了效率，相关产品则主要用于高压高频领域。

图 30：不同半导体的适用领域各有不同



资料来源：产业信息网、PSMA，天风证券研究所

部分 IGBT 厂商已开始布局 SiC 产业。SiC 具有较大发展潜力，已吸引多家功率器件厂商进行布局。英飞凌于 2018 年收购德国厂商 Siltecta，弥补自身晶体切割工艺，又于 2018 年 12 月与 Cree 签署长期协议，保证自身光伏逆变器和新能源汽车领域的产品供应，旗下 CoolSiC 系列产品已走入量产。2019 年，意法半导体与 Cree 签署价值 2.5 亿美元的长单协议，且收购了瑞典 SiC 晶圆厂商 Norstel AB，以满足汽车和工业客户对 MOSFET 与二极管的需求。2021 年，意法半导体宣布造出 8 英寸 SiC 晶圆。此外，斯达半导、华润微、等本土厂商也已在 SiC 领域布局。

表 3：部分 IGBT 厂商 SiC 业务布局

公司	SiC 业务布局
英飞凌	SiC 已实现量产
ST	造出 8 英寸 SiC 晶圆
罗姆	全球 SiC 功率半导体市占率达 20%，可比肩英飞凌与 ST，计划于 2026 年将市占率提升至 30%
三菱电机	规划 8 英寸 SiC
士兰微	SiC 功率器件中试线已经通线，将加快研发 SiC MOSFET 和车规模块
华润微	6 英寸 SiC 晶圆生产线已于 2020 年正式量产
时代电气	已拥有一条 6 英寸 SiC 芯片生产线
斯达半导	拟非公开发行股票，募资不超过 35 亿元，用于投资高压特色工艺功率芯片和 SiC 芯片研发及产业化

	项目等项目
新洁能	拟非公开发行股票，募资不超过 14.5 亿元，用于第三代半导体 SiC/GaN 功率器件级封测的研发及产业化等项目
宏微科技	募资 5.58 亿元，用于新型电力半导体器件产业基地项目、研发中心建设（包括 SiC 功率器件的研发）等项目
华微电子	正积极布局第三代半导体器件技术，重点推进 SiC SBD 产品和 650V GaN 器件的开发

资料来源：各公司公告、国际电子商情，天风证券研究所

2.1.2. 模块封装为核心竞争力之一，适用于各种高电压场景

IGBT 根据使用电压范围可分为低压、中压和高压 IGBT。按照使用电压范围，可以将 IGBT 分为低压、中压和高压三大类产品，不同电压范围对应着不同的应用场景。低压通常为 1200V 以下，主要用于低消耗的消费电子和太阳能逆变器领域；中压通常为 1200V~2500V，主要用于新能源汽车、风力发电等领域；高压通常为 2500V 以上，主要用于高压大电流的高铁、动车、智能电网、工业电机等领域。

图 31：IGBT 产品分类（按电压）



资料来源：前瞻产业研究院，天风证券研究所

IGBT 根据封装形式可分为 IGBT 分立器件、IGBT 模块以及 IPM。从封装形式上来看，IGBT 可以分为 IGBT 分立器件、IGBT 模块和 IPM 三大类产品。IGBT 分立器件指一个 IGBT 单管和一个反向并联二极管组成的器件；IGBT 模组指将多个（两个及以上）IGBT 芯片和二极管芯片以绝缘方式组装到 DBC 基板上，并进行模块化封装；IPM 则指将功率器件（主要为 IGBT）和驱动电路、过压和过流保护电路、温度监视和超温保护电路等外围电路集成再一起生产的一种组合型器件。

图 32：IGBT 产品分类（按封装形式）

	IGBT分立器件	IGBT模块	IPM
			
结构	封装模块较小，电流通常在100A以下	多IGBT芯片并联集成封装在一起	即智能功率模块，集成栅极驱动电路+各保护电路的IGBT模块
特点	IGBT单管是体现IGBT制造商水平的核心技术	外部电路简单，工作更可靠，更适合高压和大电流连接	在IGBT器件基础上增加外围电路，防止过高的温升或者高压冲击损害IGBT
优点	结构简单；封装体积较小	电流规格更大；接线简单；可靠性高；分布电感小	设计“傻瓜式”，使用方便；可靠性高；适合中小功率的逆变器
市占率	21%	50%	29%

资料来源：产业信息网、cntronics，天风证券研究所

IGBT 模块的封装工艺主要分为焊接式和压接式。IGBT 在工作过程中或产生一定的损耗，当每个 IGBT 芯片在工作过程中产生的损耗只集中在 1 平方厘米左右的面积向外传播时，这样的高热流密度对器件的安全有效工作而言则成为一个巨大的挑战，所以，IGBT 需要

依靠一定的封装形式以便进行散热，从而保证产品可靠性。IGBT 模块的封装工艺主要分为焊接式与压接式。高压 IGBT 模块一般以标准焊接式封装为主，中低压 IGBT 模块则多采用压接式封装工艺。压接式 IGBT 结构与焊接式 IGBT 结构差别较大，且压接式 IGBT 封装结构还可细分为凸台式和弹簧式，弹簧式压接型封装结构的专利由 ABB 公司持有，东芝、Westcode、Dynex 等公司则采用凸台式封装结构。

表 4：焊接式 VS 压接式

特性	焊接式 IGBT	压接式 IGBT
散热系统	简单，单面散热，需与散热器绝缘	复杂且成本高，需要离子水做散热介质，但可实现双面散热
安装	简单	复杂
功率与热循环能力	较差，受限于互连线、基板与底板之间的焊料的“热-机械”应力	高，无互连线和焊料
冗余	不需要，失效后为断路	需要，大多数为安全的短路失效模式，易于串联
可靠性	因为内部互连线或键合线脱落，从而导致器件失效	采用全压接结构，无互连线，可靠性高
封装寄生参数	内部互连线或布线会引入较大的寄生参数	无互连线，寄生参数小
价格	较低	较高

资料来源：亨力拓电子官网、海飞乐官网、工程记，天风证券研究所

2.1.3. 制造工艺正从 8 英寸晶圆朝向 12 英寸升级迭代

特色工艺需要工艺与设计的积累，海外企业以 IDM 为主。功率半导体主要以特色工艺为主，器件的技术迭代像逻辑、存储芯片依靠尺寸的缩小，因此特色工艺的要求更多需要行业的积累与 know-how，包括工艺、产品、服务、平台等多个维度；功率器件产品性能与应用场景密切相关，导致平台多、产品类型多，因此更注重工艺的成熟度和稳定性，工艺平台的多样性。在这样的背景下，由于 IDM 可以按需生产不同电性功能的功率器件，加速技术及应用积累，在深度及广度上覆盖客户不同的需求，因此 IGBT 海外的企业大多数的生产模式以 IDM 为主，国内相比海外发展较晚，因此催生出 Fabless 找代工厂生产的模式，专业化分工加速对海外的追赶。代表 IDM 型 IGBT 厂商包括英飞凌、瑞萨、Vishay、罗姆、安森美、富士电机、士兰微、华微电子等；Fabless 型 IGBT 厂商包括斯达半导、新洁能、宏微科技等。IGBT 代工厂则包括高塔、华虹、东部高科等厂商。

图 33：IGBT 产业链



资料来源: yole、国际电子商情、金融界、和讯、上海证券报, 天风证券研究所

IGBT 主要采用成熟制程, 目前生产大多以 8 英寸晶圆为主。IGBT 产品对产线工艺依赖性较强, 目前国际 IGBT 大厂主要采用 8 英寸生产线。为进一步提升产品性能与可靠性, IGBT 制造厂正积极布局可用于 12 英寸晶圆的相关工艺。英飞凌作为 IGBT 龙头企业, 已于 2018 年推出以 12 英寸晶圆生产的 IGBT 器件。同时, 斯达半导 12 英寸 IGBT 产能也已实现量产。未来, 随着各家 IGBT 厂商工艺的进步, IGBT 产品也将转向 12 英寸晶圆, 并采用更先进的制程。

表 5: 部分 8 英寸功率 IGBT 晶圆厂情况 (截至 2021 年 1 月)

	厂址	编号	主要产品	工艺参数	类型	产能
高塔	以色列米格达勒埃梅克	Fab 2	CIS、MEMS、RF、模拟、功率器件	180~140nm	代工	
华虹	上海	HH Fab 2	IGBT	350~180nm	代工	
东部高科	韩国京畿道富川	Fab 1	MEMS、MS/RF、CIS、BCD、MOS、IGBT、SJ、MOSFET	350~90nm	代工	7.5 万片/月
	韩国忠北阴城	Fab 2				5.5 万片/月
英飞凌	德州德累斯顿		功率和逻辑芯片		IDM	≤10 万片/月
	德国雷根斯堡					
	马来西亚居林					
	奥地利菲拉赫					
	美国奥斯汀					
华润微	无锡	Fab 2	IGBT、MEMS、BCD、Bipolar MOSFET	120~50nm	90%代工	6.5 万片/月
			BCD、MEMS、FRD、IGBT、MOSFET	500~350nm		
			CMOS	350~130nm		
时代电气	株洲	Fab 3	IGBT	350nm	IDM	2 万片/月
士兰微	杭州		高压集成电路、功率半导体、MEMS		IDM	5~6 万片/月

资料来源: 国际电子商情, 天风证券研究所

IGBT 需求增长扩厂计划持续推进, 朝向 300mm (12 英寸) 晶圆发展。英飞凌 2021 年 9 月公告其位于奥地利菲拉赫的 300 毫米薄晶圆功率半导体芯片工厂正式启动运营, 随着数字化和电气化进程的加快, 公司预计未来几年全球对功率半导体器件的需求将持续增长,

因此当前正是新增产能的最好时机。2021年3月东芝公告准备开工建设300mm晶圆制造厂，由于功率器件是控制和降低汽车、工业和其他电气设备功耗的重要部件，公司预计电动汽车、工厂自动化和可再生能源领域的增长将继续推动功率器件的需求增长。2020年12月士兰微12英寸芯片生产线项目由厦门士兰集科微电子有限公司负责实施运营，第一条12英寸产线，总投资70亿元，工艺线宽90纳米，计划月产8万片。本次投产的产线就是其中的一期项目，总投资50亿元，规划月产能4万片；项目二期将继续投资20亿元，规划新增月产能4万片。第二条12英寸生产线预计总投资100亿元，将建设工艺线宽65纳米至90纳米的12英寸特色工艺芯片生产线。

表6：部分功率IGBT晶圆厂12英寸产线规划

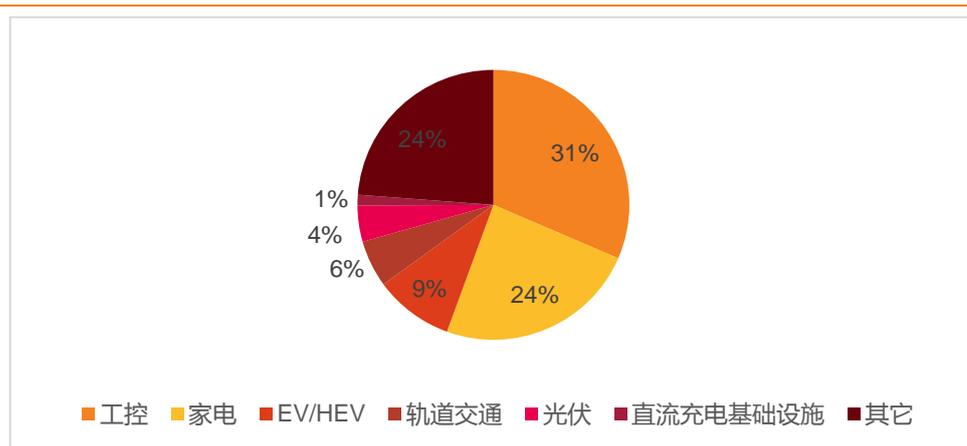
公司	12英寸产线规划
英飞凌	2021年9月公告总投资额为16亿欧元的奥地利菲拉赫300毫米薄晶圆功率半导体芯片工厂正式启动运营，第一阶段所产芯片将主要用于满足汽车行业、数据中心、以及太阳能和风能等可再生能源发电领域的需求，工厂的总占地面积约为6万平方米，产能将在未来4到5年内逐步提升。
东芝	2021年3月东芝公告计划斥资约250亿日元，在日本石川县的工厂建立一条300mm晶圆生产线，新生产线将用于制造MOSFET和IGBT，以提高生产能力；该生产线在目前容纳200mm生产线的同一地点建筑物中建造新的300mm生产线，计划于2023年上半年开始量产。
士兰微	2020年12月士兰微公告项目总投资170亿元的12英寸特色工艺芯片生产线在厦门海沧正式投产，该产线规划建设两条以功率半导体芯片、MEMS传感器芯片为主要产品的12英寸特色工艺功率半导体芯片生产线。

资料来源：福布斯中文网、Infineon官网、中国半导体行业协会、天风证券研究所

2.2. 新能源应用需求大幅提升，驱动IGBT供需持续紧缺

IGBT下游应用包含工控、家电、新能源汽车等，2020年市场规模达到54亿美元。根据Yole，2020年，全球IGBT市场规模约为54亿美元，预计将于2026年增长至84亿美元。IGBT具有多个下游应用市场，主要包括工控、家电、新能源汽车、新能源发电、轨道交通等。其中，工控是IGBT最大的下游应用市场，2020年，工控在全球IGBT下游应用中占比约为31.48%、家电占比约为24.07%、EV/HEV占比约为9%。

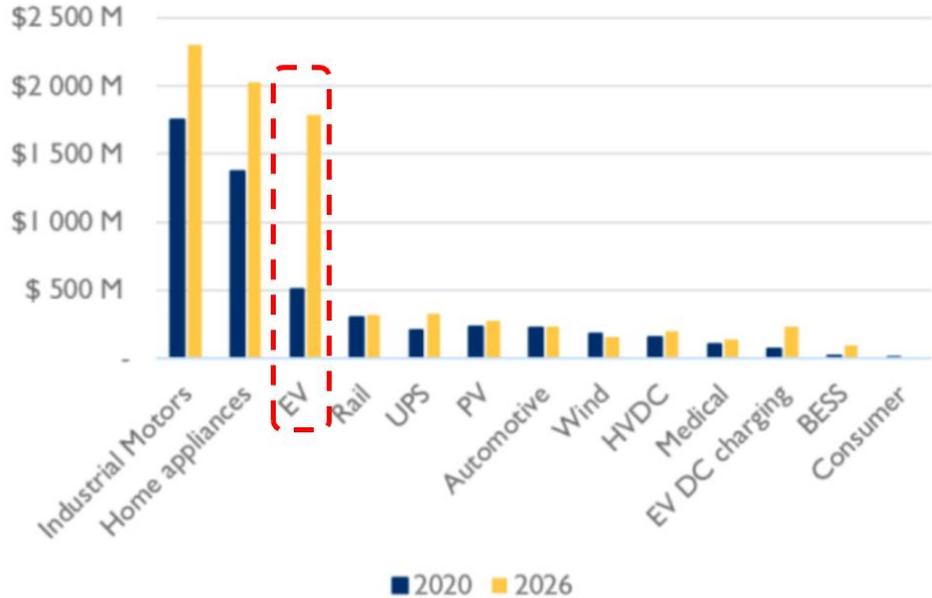
图34：2020年全球IGBT下游应用占比情况



资料来源：Yole，天风证券研究所

新能源汽车是IGBT各应用中增速最快的市场。随着新能源汽车渗透率的提升，IGBT应用数量也将快速增长，带动新能源汽车用IGBT市场的扩大。Yole预计2020~2026年，新能源汽车用IGBT市场规模将从5.09亿美元增长至17亿美元，年复合增长率达到22.26%，成为增速最快的IGBT下游应用。

图 35：新能源汽车将成为 IGBT 各下游应用中增速最快的市场



资料来源：Yole, 天风证券研究所

2.2.1. 新能源汽车：IGBT 是核心零部件，单车价值量达到上千人民币

IGBT 被应用于汽车的多个零部件中，是核心器件之一。IGBT 是决定电动车性能的核心器件之一，主要应用于电池管理系统、电动控制系统、空调控制系统、充电系统等，主要功能在于在逆变器中将高压电池的直流电转换为驱动三相电机的交流电；在车载充电机（OBC）中将交流电转换为直流并为高压电池充电；用于 DC/DC 转换器、温度 PTC、水泵、油泵、空调压缩机等系统中。

图 36：汽车中的半导体功率器件



资料来源：电子说、半导体产业网、英飞凌汽车电子生态圈、英飞凌官网，天风证券研究所

车规级 IGBT 对产品性能要求要高于工控与消费类 IGBT。作为汽车电气化变革的关键制程，IGBT 产品在智能汽车中具有不可替代的作用。由于汽车电子本身使用环境较为复杂，一旦失效可能引发严重后果，所以市场对于车规级 IGBT 产品的要求要高于工控类与消费类 IGBT 产品。相比工控与消费类 IGBT，车规级 IGBT 对于温度的覆盖要求更高、对出错率的容忍度更低、且要求使用时间也更长。

表 7：车规级芯片与消费、工业级芯片要求对比

	消费级	工业级	车规级
温度	0℃~40℃	-10℃~70℃	-40℃~155℃
湿度	低	根据使用环境而定	0%~100%
验证	JESD47 (Chips) ISO16750 (Modules)	JESD47 (Chips) ISO16750 (Modules)	AEC-Q100、ISO26262 ISO/TS 16949
出错率	<3%	<1%	0
使用时间	1~3 年	5~10 年	15 年
供货时间	2 年	5 年	30 年

资料来源：维科网、中国市场学会（汽车）营销专家委员会研究部，天风证券研究所

车规级 IGBT 在汽车产业链处于中游位置，车规认证是其壁垒之一。IGBT 厂商在汽车产业链中处于中游位置，其上游包括材料供应商、设备供应商以及代工厂，例如日本信越、晶瑞股份、晶盛机电、日立科技、高塔、华虹等；其下游包括 Tier 1 厂商以及整车厂。在车载 IGBT 产业链中，认证壁垒是 IGBT 厂商进入车载市场的壁垒之一。IGBT 厂商进入车载市场需要获得 AEC-Q100 等车规级认证，认证时长约为 12~18 个月，且在通过认证门槛后，IGBT 厂商还需与汽车厂商或 Tier 1 供应商进行市场约 2~3 年的车型导入测试验证。在测试验证完成后，汽车厂商也往往不会立即切换，而是要求供应商以二供或者三供的身份供货，再逐步提高装机量。

图 37：车载 IGBT 产业链



资料来源：前瞻产业研究院，天风证券研究所

IGBT 组件数量随新能源汽车的动力性能提升而增加。IGBT 约占电机驱动系统成本的一半，而电机驱动系统约占整车成本的 15~20%，即是说，IGBT 约占整车成本的 7~10%。随着新能源汽车的动力性能增强，IGBT 组件使用个数也在提升，例如 MHEV 48V 所需 IGBT 组件数量约为 2~5 个，但 BEV A 所需 IGBT 组件数量则为 90~120 个。随着新能源汽车的动力性能增强，IGBT 组件数量也在提升，带动整体 IGBT 价值量提升。

表 8：不同动力形式新能源汽车 IGBT 使用量

	功率半导体 使用电压 (V)	电动马达功率 (kW)	IGBT 组件使用个数	电动马达输出比例
Micro Hybrid 12V	75	<5	2~3	N/A
MHEV 48V	75	5~13	2~5	20%
MHEV 中混	250	10~20	5~10	20~30%
HEV 全混	650	20~40	90~120	30~50%
PHEV FullPower	650	50~90 / 60~120	90~120	50%
BEV A	650	60~120	90~120	100%
BEV B	650/1200	120~150	120~150	100%

资料来源：盖世汽车，天风证券研究所

根据不同车型，IGBT 价值量也有所不同，A 级车 IGBT 价值最高达到 3900 人民币。根据不同车型，汽车通常可分为物流车、大巴车、A00 级、A 级以上四个大类。不同类型的汽车所需要的 IGBT 价值量也有所不同。物流车通常使用 1200V 450A 模块，单车价值量为 1000 元；8 米大巴 IGBT 单车价值量为 3000 元、10 米大巴 IGBT 价值量为 3600 元；A00 级汽车单车 IGBT 价值量约为 600~900 元；15 万左右的 A 级车以上汽车单车 IGBT 价值量约为 1000~2000 元、20~30 万左右的 A 级车以上汽车单车 IGBT 价值量约为 2000~2600 元；属高级车型的 A 级车以上汽车单车 IGBT 价值量则约 3000~3900 元。

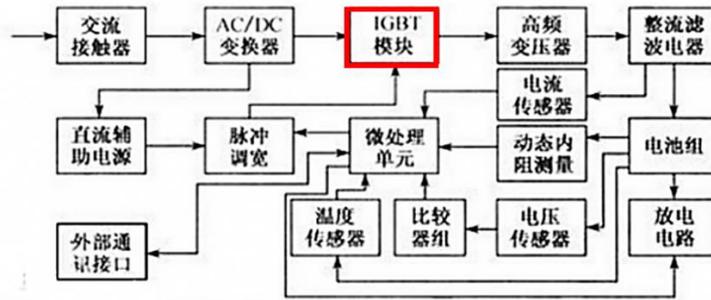
图 38：不同车级 IGBT 价值量（人民币）

	汽车种类	单车 IGBT 价值量
物流车		1000 元
大巴车		8 米车型：3000 元 10 米车型：3600 元
A00 级车		600~900 元
A 级以上车		15 万元车型：1000~2000 元 20~30 万元车型：2000~2600 元 高级车型：3000~3900 元

资料来源：国际电子商情，天风证券研究所

充电桩中的 IGBT 模块是负责功率转换的核心器件。根据充电方式，充电桩可分为直流桩、交流桩、无线充电，其中以直流桩和交流桩为主。交流桩又叫慢充桩，只提供电力输出，无充电功能，需要通过车载充电机为电动车充电；而直流桩则叫快充桩，与交流电网连接，输出可调直流电，直接为电动汽车的动力电池充电，且充电速度较快。IGBT 模块在充电桩中担当功率转换的角色，是充电桩的核心器件之一。

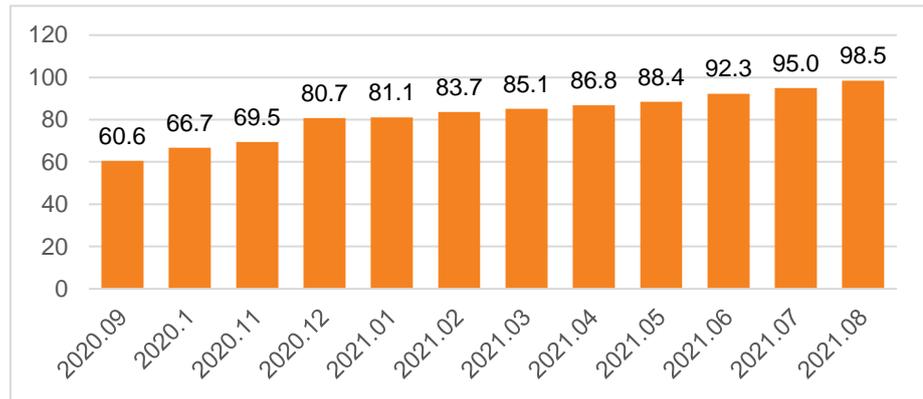
图 39: IGBT 模块在直流充电桩中的运用



资料来源: 与非网, 天风证券研究所

充电桩数量逐步提升, 带动 IGBT 需求增长。随着新能源汽车的普及, 充电桩市场也在不断扩大。2020 年 9 月至 2021 年 8 月, 我国公共充电桩保有量从 61 万台增长至 98 万台。根据中国充电联盟的数据, 2020 年, 我国充电桩市场中, 直流电桩约为 30.9 万台, 占比约为 38.3%; 交流桩约为 49.8 万台, 占比约为 61.7%。在直流充电桩中, IGBT 占原材料成本的 20~30%。虽然充电桩市场对于 IGBT 来说仍然较小, 但由于充电桩的部署对于扩大新能源汽车来说至关重要, 所以未来充电桩用 IGBT 市场有望快速增长。

图 40: 中国公共充电桩保有量 (万台)

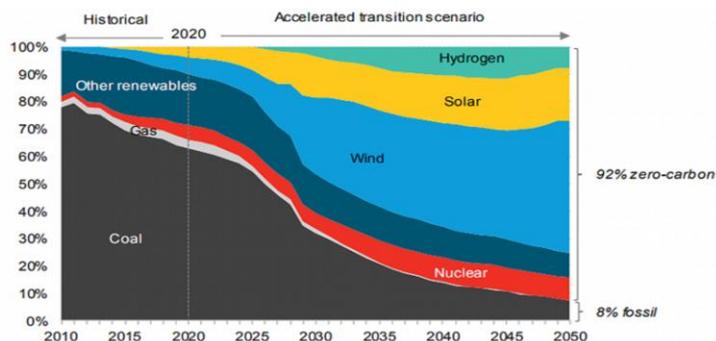


资料来源: 盖世汽车, 天风证券研究所

2.2.2. 光伏\风电\工控\家电\轨交: 新能源应用驱动 IGBT 快速增长

双碳计划为光伏、风电打开广阔发展前景。除了新能源汽车, IGBT 也常被用于光伏、风电等新能源领域。受益于双碳计划, 光伏与风电将迎来广阔的成长空间。根据国务院印发的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》所提出的目标当中, 非化石能源消费比重会持续提升, 同时要构建绿色低碳循环发展经济体系, 这也将为国内光伏风电等清洁能源带来广阔的发展机遇。

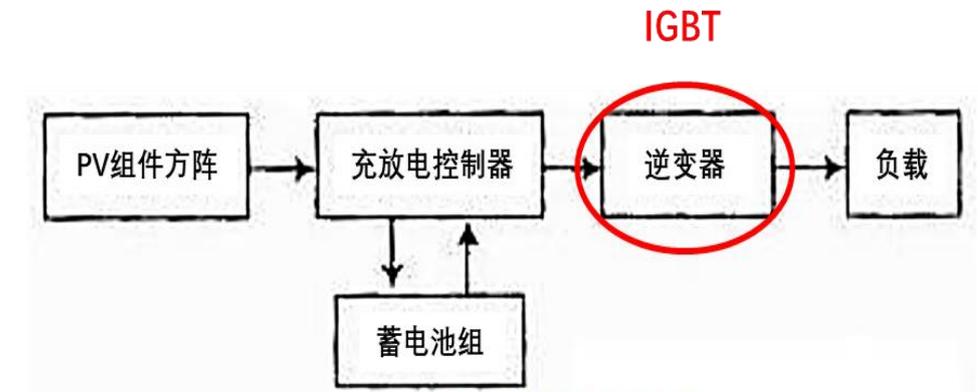
图 41: 加速转型情景下的中国发电结构



资料来源: 界面新闻、彭博新能源财经, 天风证券研究所

IGBT 在光伏市场中主要应用于光伏逆变器。逆变器是太阳能光伏发电系统中的关键部分，是将直流电转化为用户可以使用的交流电的必要过程，也是太阳能和用户之间相联系的必经之路。采用 IGBT 作为太阳能光伏发电关键电路的开关器件有助于减少整个系统不必要的损耗，使其达到最佳工作状态。所以，光伏逆变器通常采用 IGBT。

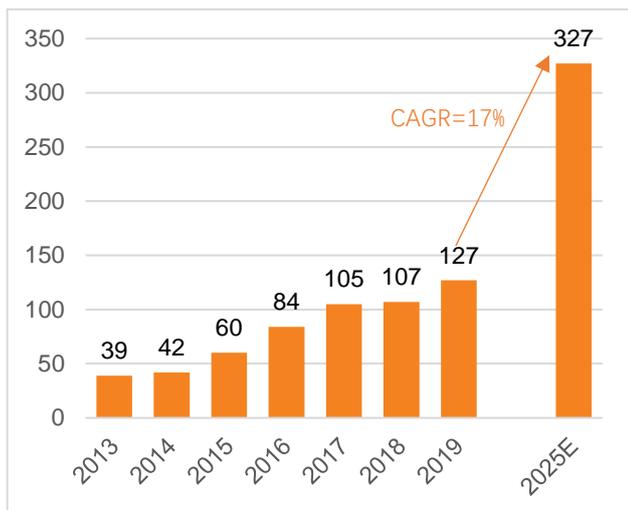
图 42: IGBT 在光伏发电中的应用



资料来源：海飞乐官网，天风证券研究所

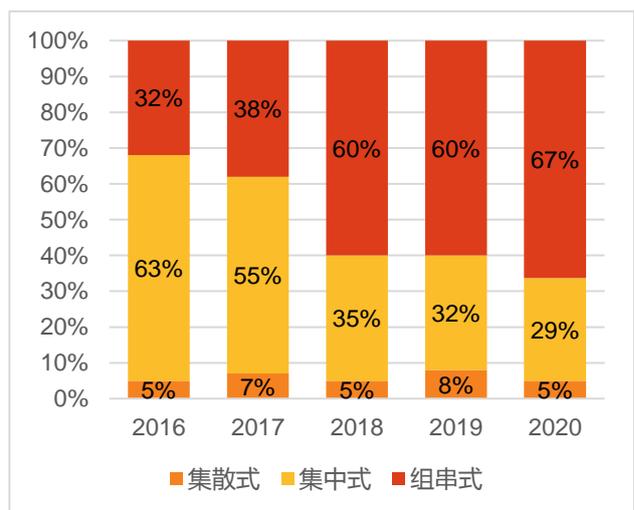
光伏逆变器出货量增长带动 IGBT 需求提升。根据 BNEF 数据，2019 年底累计光伏装机容量超过风电装机，成为仅次于煤炭、天然气、水电的全球第四大发电来源。受益于各国对新能源的推广，全球光伏新增装机量 GW 级市场增大，带动光伏逆变器需求快速增加。2013~2019，全球光伏逆变器量从 39GW 增长至 127GW，年复合增长率达到 22%，且预计将于 2025 年增长至 327GW。IGBT 作为光伏逆变器中的重要构成部件，市场规模也将随光伏逆变器需求量增长而扩大。光伏逆变器主要可分为集散式、集中式和组串式。集中式光伏逆变器的设备功率在 50KW~630KW 之间，采用大电流 IGBT；组串式光伏逆变器功率小于 100KW，IGBT 被用于其功率开关零部件。同样的功率下，组串式光伏逆变器数量多于集中式光伏逆变器。随着组串式逆变器应用占比的提升，光伏用 IGBT 数量有望有所增长。

图 43: 全球光伏逆变器出货量 (GW)



资料来源：能源界，天风证券研究所

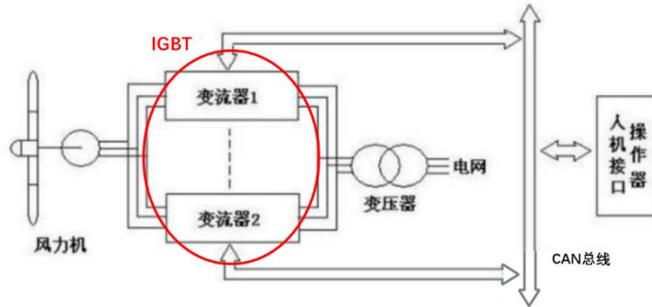
图 44: 我国三大逆变器市场份额占比变化



资料来源：华经情报网，天风证券研究所

IGBT 在风电市场中主要应用于风电变流器。风电变流器作为风力发电机组的关键部件之一，可以使风机处于最佳发电状态，同时将风力发电机发出的频率、幅值不稳定的电能转换为频率、幅值稳定的、且符合电网要求的电能后并入电网。IGBT 是风电变流器的重要部件之一，变流器可通过提高 IGBT 等功率器件的耐压和容量来提高风电系统的功率等级。

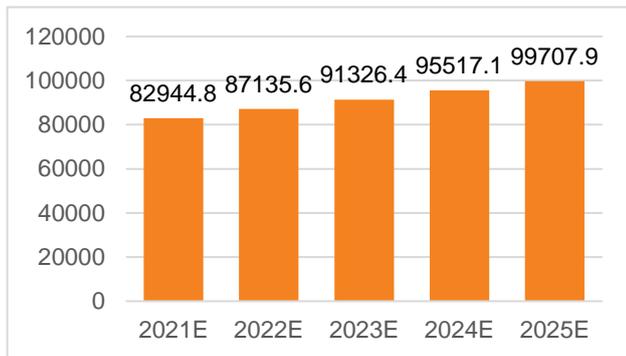
图 45: IGBT 在风力发电中的应用



资料来源: 国际能源网, 天风证券研究所

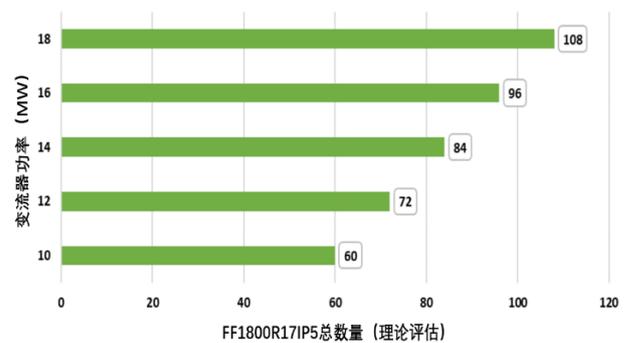
IGBT 用量将随风电变流器需求瓦数增长而增加。随着碳中和相关政策的逐步出台, 我国风力发电将迎来新一轮机遇, 根据中商产业研究院预测, 2021~2025, 我国风力发电量将从 82944.8 亿千瓦时增长至 99707.9 亿千瓦时。风电的普及也将带动风电变流器需求的增长。更多的风电变流器需求量也意味着风电市场对 IGBT 的需求量将大幅增长。因此, IGBT 用量将随着风电普及而提升。

图 46: 中国风力发电量统计预测 (亿千瓦时)



资料来源: 中商产业研究院, 天风证券研究所

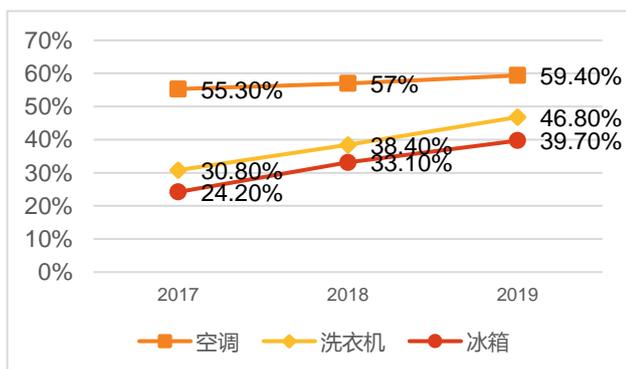
图 47: FF1800R17IP5 全功率变流器用量随功率用量增长而增加



资料来源: 英飞凌工业半导体, 天风证券研究所

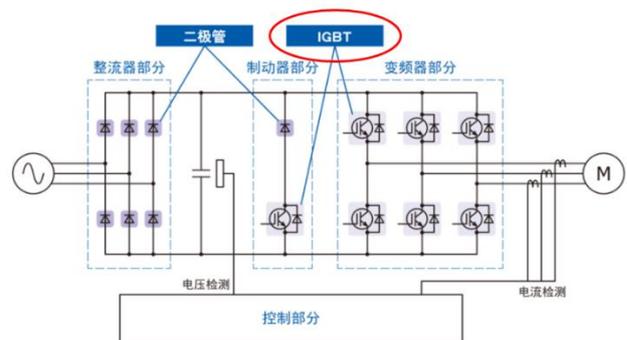
变频家电渗透率提升促进 IGBT 用量增长。近年来, 我国白色家电产品销量已趋于稳定。冰箱销量保持在 8000 万台左右, 洗衣机销量保持在 6000 万台以上, 空调销量保持在 14000 万台以上。虽然白电整体销量已趋于平缓, 但变频家电的渗透率的增长仍为 IGBT 用量带来了提升空间。家电用变频器内置 IGBT, 截至 2019 年, 空调、冰箱以及洗衣机的变频占比分别为 59.4%、46.8%以及 39.7%, 仍有较大成长空间。因此, 家电用 IGBT 市场有望随着变频家电渗透率的提升而进一步扩大。

图 48: 国内白电变频占比



资料来源: 国家统计局、产业在线, 天风证券研究所

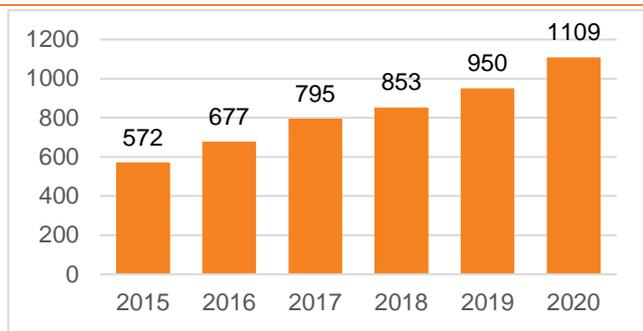
图 49: 通用变频器的电路结构



资料来源: 富士电机官网, 天风证券研究所

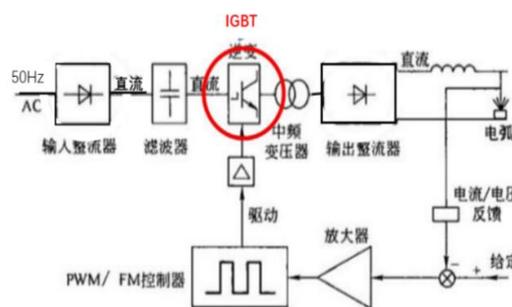
工控用 IGBT 数量将随下游需求增长而增加。在工控市场，IGBT 是电焊机重要的零部件之一。在电焊机的逆变部分，由于 IGBT 工作电流大，可采用半桥逆变的形式，以 IGBT 作为开关，使其开通与关闭由驱动信号控制。根据华经产业研究院数据显示，2015~2020，中国电焊机产量从 572 万台增长至 1109 万台。

图 50：中国电焊机产量（万台）



资料来源：华经产业研究院、国家统计局，天风证券研究所

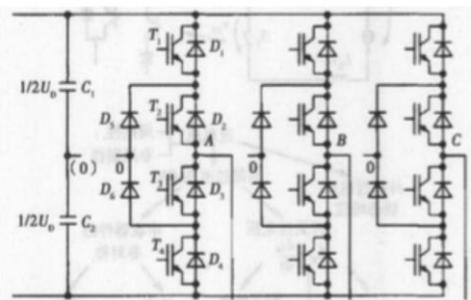
图 51：电焊机应用方案



资料来源：斯达官网，天风证券研究所

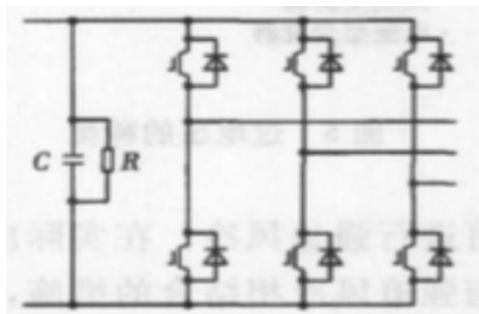
IGBT 在轨道交通中被广泛使用。轨道车辆广泛采用 IGBT 模块来构成牵引变流器以及辅助电源系统的恒压恒频 (CVCF) 逆变器，IGBT 模块的电压等级通常在 1200V~6500V。轨道车辆中的所运用的逆变器主要为三点式逆变器和二点式逆变器。日本用于 700 系电动车组的为三点式主变流器，采用大功率平板型 IGBT (2500V/1800A)，整流器和逆变器的每个桥臂可用 1 个 IGBT 元件，从而使 IGBT 组件在得到简化的同时，功率单元总体结构也变得紧凑。而我国引进法国 Alstom 公司的 200km/h 动车组中，则用 IGBT 构成二点式逆变器。

图 52：三点式逆变器主电路原理图



资料来源：海飞乐官网，天风证券研究所

图 53：二点式逆变器主电路原理图



资料来源：海飞乐官网，天风证券研究所

动车产能趋于平稳，不同动车类型所需 IGBT 用量各有不同。近年来，我国动车组的产能趋于稳定，但随着我国高速铁路网规模的扩张，预计动车组需求量将继续增长，并带动轨道交通用 IGBT 数量提升。此外，为满足不同需求，我国高铁动车组也被分为两个速度等级—200~250 公里/小时以及 300~350 公里/小时。其中，200~250 公里/小时速度等级的有 CRH1、CRH2、CRH5 型，300~350 公里/小时速度等级有 CRH2-300、CRH3 等。

图 54：中国动车组产量及增长情况（辆）



图 55：动车组 IGBT 器件等级及数量

动车组型号	200km/h等级			300km/h等级	
	CRH1	CRH2	CRH5	CRH3	CRH2
IGBT等级	3300V/ 1200A	3300V/ 1200A	6500V/ 600A	6500V/ 600A	3300V/ 1200A
IGBT数量 (个/列)	80	80	150	128	100

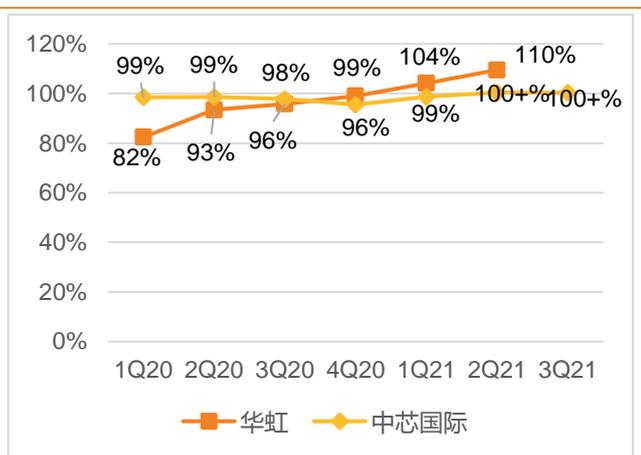
资料来源：产业信息网、国家统计局，天风证券研究所

资料来源：cntronics，天风证券研究所

2.2.3. 晶圆产能持续紧缺，IGBT 供不应求或延续较长时间

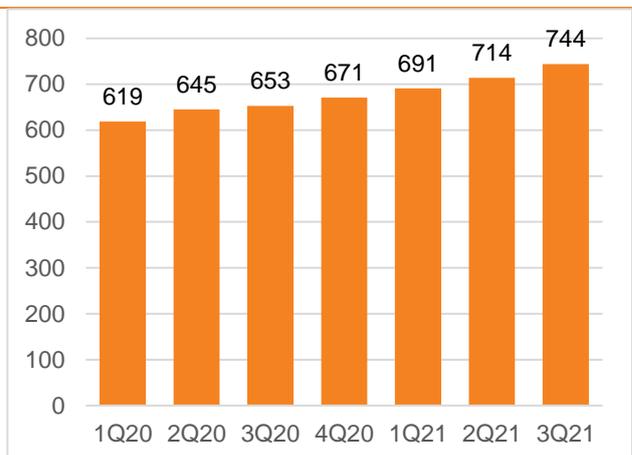
晶圆供应维持紧张，代工厂产能利用率不断攀升。随着下游需求持续向上，带动功率器件、模拟芯片、MCU 等产品需求的增长，该类产品多在 8 英寸晶圆厂生产，导致 8 英寸晶圆需求一直保持高位。同时，疫情催生需求增长，导致晶圆供应紧张华虹等代工厂产能利用率持续保持增长态势；世界先进晶圆出货量也持续增长。

图 56：华虹、中芯国际整体产能利用率情况



资料来源：各公司公告，天风证券研究所

图 57：世界先进晶圆出货量（千片）



资料来源：世界先进公告，天风证券研究所

全球主要功率器件制造商投入扩产，目标提升 IGBT 产品供应能力。去年年底以来，全球芯片短缺不断加剧，并蔓延至汽车、手机、家电等多个领域。由于晶圆制造产能不足，功率半导体市场出现供不应求的现象。为满足下游需求并提升自身供应能力，国内外诸多功率半导体厂商纷纷宣布扩产。东芝、英飞凌、士兰微、华润微、赛晶科技等国内外厂商均加大了对于功率半导体产品的产能投入。

表 9：部分厂商近期功率半导体扩产规划

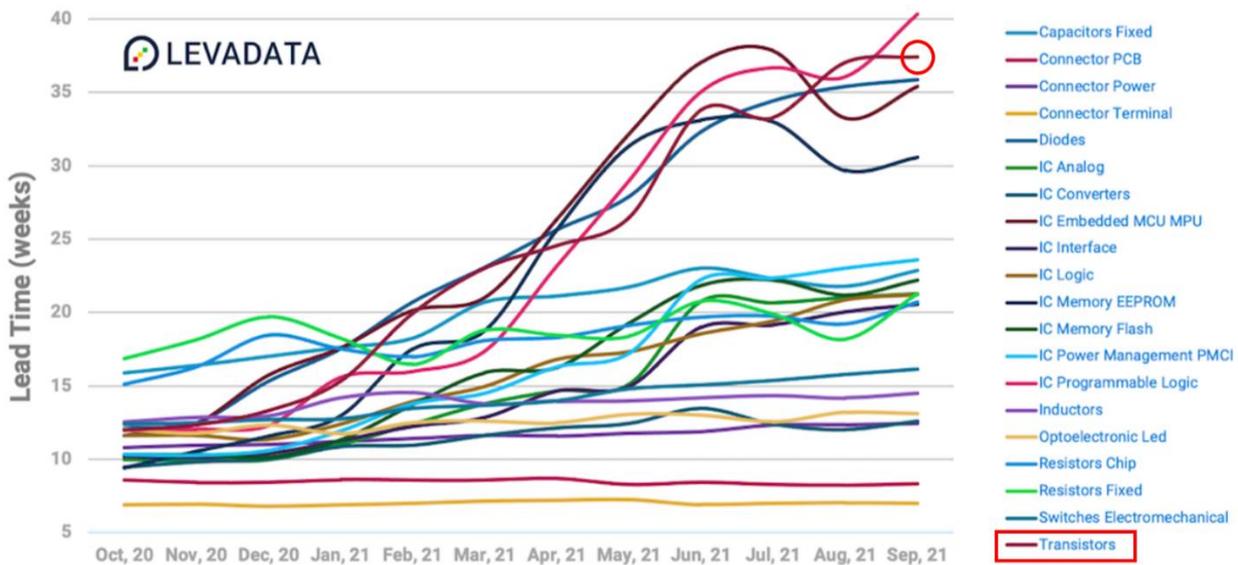
厂商	扩产规划
东芝	将在日本石川县加贺东芝电子公司新建一条 300mm 晶圆生产线，用于制造 MOSFET 与 IGBT，将公司总体的功率半导体产能增加三成，预计于 2023 年上半年开始量产
富士电机	山梨县工厂增产 30%，同时马来西亚等海外工厂计划扩充产能
英飞凌	扩大无锡工厂的 IGBT 模块生产线位于奥地利菲拉赫的 12 英寸晶圆功率半导体芯片工厂已于 2021 年 9 月正式启动运营，主要用于汽车、数据中心、太阳风和风能等领域需求
华虹	通过建设工艺等级 90~65/55nm、月产能达到 6.5 万片的 12 英寸特色工艺集成电路芯片生产线，建设起止年限为 2021 年
士兰微	着手实施“新增年产 24 万片 12 英寸高压集成电路和功率器件芯片技术提升和扩产项目”，加大对 12 英寸芯片生产线的投入
华润微	已于 1H21 增加月产能 1 万片，将视设备到位情况继续募投“8 英寸高端传感器和功率半导体建设项目”
赛晶科技	自主技术 IGBT 产品进入试生产阶段

资料来源: techweb、NE 时代、东芝\富士电机\英飞凌\华虹\士兰微\华润微\赛晶科技公司公告, 天风证券研究所

2.2.4. IGBT 供货周期与价格均有增长, 供不应求难以缓解

晶体管 (含 IGBT) 交期周数高于大部分半导体产品交期。由于疫情所导致的供需失衡, 半导体产品交期在过去的 8~12 个月中大幅延长, 虽然部分产品交期在 7 月略有缩短, 但已于 8 月再次出现延长的态势。在各类半导体产品中, 晶体管 (含 IGBT) 整体交期已超过 35 周。IGBT 大多为成熟制程 (8 英寸为主), 8 英寸制程由于前几年数量和产线不断下滑, 部分设备大厂已不再生产 8 英寸晶圆所需的相关设备, 设备紧缺导致扩产较 12 英寸晶圆厂少, 供不应求导致成熟制程产能持续紧缺; 同理, IGBT 产能紧缺导致今年产品的交期周数大幅度提升。

图 58: 部分半导体交期情况 (周)



资料来源: LevaData, 天风证券研究所

国际龙头企业 IGBT 产品价格与拉货周期, 均呈现上涨态势。由于产能持续紧缺, 2021 年 IGBT 产品货期持续拉长, 且在 Q3 仍未出现缓解的现象。英飞凌与 Microsemi 部分 IGBT 产品的交货周期已延长至 50 周。此外, ST、安森美、IXYS 等国际龙头企业 IGBT 产品交货周期也呈现出继续延长的趋势, 且相关产品价格也表现出上涨的趋势。

图 59: 部分国际龙头企业 IGBT 产品价格与拉货周期情况 (“↑”表示延长/上涨)

	英飞凌			ST			安森美			IXYS			Microsemi		
	货期 (周)	货期趋势	价格趋势	货期 (周)	货期趋势	价格趋势									
1Q21	26~36	↑	↑	24~30	↑	↑	26~36	↑	↑	26~30	↑	↑	26~40	↑	↑
2Q21	26~36	↑	↑	24~30	↑	↑	26~36	↑	↑	26~30	↑	↑	26~40	↑	↑
3Q21	39~50	↑	↑	36~42	↑	↑	26~52	↑	↑	30~40	↑	↑	40~52	↑	↑

资料来源: future electronics, 天风证券研究所

2.3. 国内 IGBT 企业实现 0-1 突破, 紧抓缺货朝下国产化机遇

海外企业 IGBT 产品电压覆盖范围较广, 本土企业多集中在中低压市场。中低压 IGBT 主要可用于新能源汽车、家电、电焊机等领域, 需求较为广阔, 本土厂商布局也相对较多, 士兰微、华润微、新洁能、华微电子的 IGBT 产品均集中在 1350V 以下的 IGBT 市场。斯达半导、时代电气则在高压 IGBT 产品中也有所布局。

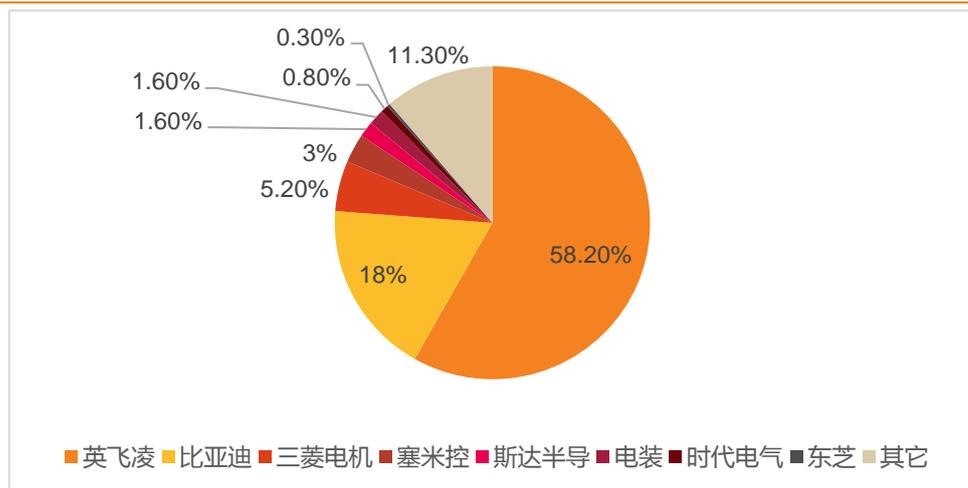
图 60：部分 IGBT 厂商产品电压覆盖范围

分立	模组	橙字为本土企业	450V及以下	600/700V	900/1000V	1200/1300V	1500/1600V	1700V	2500V	3300V	4500V	4500V以上
中低压IGBT厂	士兰微	橙		■		■	■					
	华润微	橙		■	■	■	■					
	新洁能	橙		■	■	■	■					
	华微电子	橙	■	■		■	■					
	比亚迪半导体	橙		■	■	■	■					
	宏微科技	橙		■	■	■	■					
	微芯	橙		■	■	■	■					
	Sanken	蓝	■	■		■	■					
	Alpha&Omega SC	蓝		■	■	■	■					
	Magnachip	蓝		■	■	■	■					
	罗姆	蓝	■	■		■	■					
	Vishay	蓝		■	■	■	■					
	瑞萨	蓝		■	■	■	■					
	东芝	蓝		■	■	■	■	■				
	意法半导体	蓝	■	■	■	■	■	■				
	安森美	蓝	■	■	■	■	■	■				
	Microsemi	蓝		■	■	■	■	■				
	赛米控	蓝		■	■	■	■	■	■			
高中低压IGBT厂	Littlefuse	蓝	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	XYS	蓝	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	英飞凌	蓝		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	富士电机	蓝		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ABB	蓝		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	三菱电机	蓝		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	日立	蓝		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	时代电气	橙		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	斯达半导	橙		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	时代电气	橙		■	■	■	■	■	■	■	■	■

资料来源：微芯\Alpha&Omega SC\Magnachip\Vishay\罗姆\ST\安森美\Littlefuse\东芝\宏微科技\富士电机\赛米控\斯达半导\士兰微\新洁能\比亚迪\华润微\华微电子官网、Yole，天风证券研究所

海外企业占据国内大部分新能源汽车 IGBT 模块市场。相比消费类与工控类 IGBT 产品，车规级 IGBT 产品对性能要求更高，且认证时间更长。海外企业凭借多年的积累，在车规级 IGBT 产品市场占据了一定的先发优势。在中国新能源汽车 IGBT 模块市场中，英飞凌市占率超过了一半，达到 58.20%。比亚迪通过向自供，在新能源汽车 IGBT 模块市场中市占率也达到了 18%。此外，斯达半导、时代电气等国内厂商近年来通过积极投入研发，也成功在国内新能源汽车用 IGBT 模块市场中占取到了一定份额。

图 61：2019 年国内新能源汽车 IGBT 模块市占率



资料来源：NE 时代，天风证券研究所

国内企业积极开拓 IGBT 产品线，积极技术升级，紧抓国产替代机遇。由于新能源汽车是 IGBT 市场增长的主要驱动力之一，国内厂商纷纷积极布局车载 IGBT 业务。士兰微车载 IGBT 产品已在部分客户处批量供货；时代电气 750V 车规级逆导 IGBT 芯片已处于样件试验阶段；斯达半导基于第七代 IGBT 技术的车规级 650/750V IGBT 芯片已研发成功，并预计于 2022 年开始批量供货；宏微科技 750V 车规级 IGBT 预计于 2022 年开始起量。

图 62：部分本土企业 IGBT 业务近况（IGBT 技术以英飞凌 IGBT 产品技术为基准）

	IGBT电压覆盖范围	IGBT主要应用领域					IGBT技术	IGBT产品最新进展	
		轨交	车载	光伏	风电	工控			家电
士兰微	600~1350V		√			√	√	第五代	• 车载IGBT已在部分客户处批量供货
华润微	600~1350V					√	√	第五代	• 沟槽FS-IGBT 1200V 40A产品通过工业级考核并已实现量产 • FS-IGBT 650V器件已送样
时代电气	750~6500V	√	√	√	√	√		第四代用于1700~6500V 第五代用于750~6500V	• 750V车规级逆导IGBT芯片处于样件试验阶段
斯达半导	100~3300V		√	√	√	√	√	第七代	• 基于第六代IGBT技术的650/750V IGBT芯片新增多个双电控混动以及纯电动车型的主电机控制器平台定点 • 基于第六代IGBT技术的1200V IGBT芯片在12吋产线实现大批量生产 • 基于第七代IGBT技术的车规级650V/750V IGBT芯片研发成功, 预计于2022年开始批量供货
新洁能	600~1350V			√		√	√	第四代	• 1H21新增10余款IGBT模块产品; PIM模块已送样 • 1700V IGBT产品以及车载IGBT产品处于研发中
宏微科技	650~1700V		√	√		√	√	第五代	• 预计2022年750V车规级IGBT开始起量
华微电子	360~1350V					√	√	第六代	• 于2021年3月推出U系列IGBT, 功率为600V, 用于工控(电焊机、UPS、PFC)

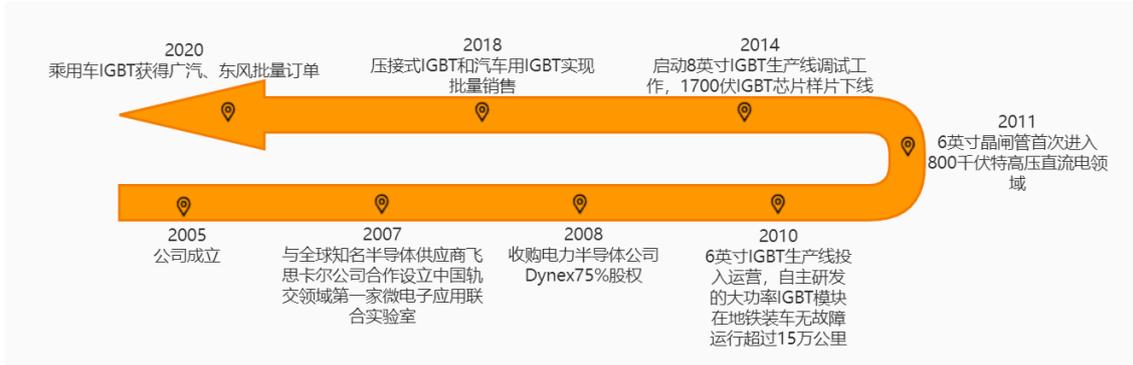
资料来源：各公司公告，天风证券研究所

3. 相关企业

3.1. 时代电气：轨道交通装备龙头，新能源车 IGBT 业务迎来突破

深耕轨道交通装备行业，功率半导体开启公司第二增长曲线。公司自 2005 年成立以来，主要从事轨道交通装备产品的研发、设计、制造、销售并提供相关服务，具有“器件+系统+整机”的产业结构，产品主要包括以轨道交通牵引变流系统为主的轨道交通电气装备、轨道工程机械、通信信号系统等，是轨交电气行业龙头。同时，公司还积极布局轨道交通以外的产业，在功率半导体器件、工业变流产品、新能源汽车电驱系统、传感器件、海工装备等新兴装备领域开展业务。

图 63：时代电气功率半导体发展历程



资料来源：公司招股书，天风证券研究所

1) **轨道交通装备：保持国内领先地位。**包括轨道交通电气装备、轨道交通工程机械和通信信号系统，主要用于干线铁路、城际铁路、城市轨道交通等。其中，公司自主研发成功的牵引变流系统，打破了早期国际巨头的技术垄断，不仅在国内保持领先地位，还远销欧洲、美洲、亚洲多个国家和地区，助力我国轨道交通产业的发展。

2) **新兴装备业务：功率半导体加速发展。**以功率半导体器件为主，其他产品包括工业变流产品、新能源汽车电驱系统、传感器件和海工装备。其中，功率半导体器件主要产品覆盖双极器件、IGBT 和 SiC 等。轨道交通行业，公司的高压 IGBT 品大量应用于我国轨道交通核心器件领域；输配电行业，公司生产的 3300V 等系列 IGBT 批量应用于柔性直流输电、百兆级大容量电力系统；新能源汽车行业，公司最新一代产品已向国内多家龙头汽车整车厂送样测试验证。

表 10：公司主要产品

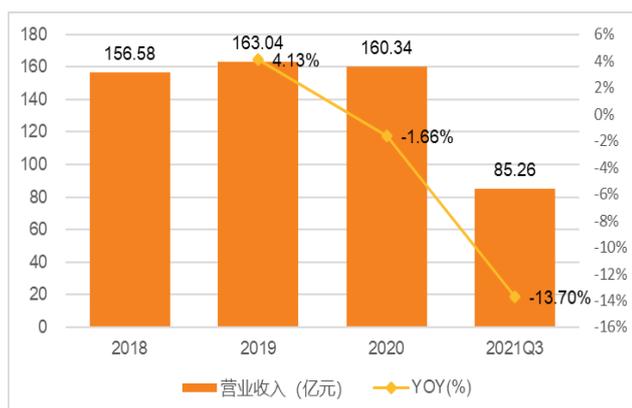
产品分类	细分类别	产品类型	产品描述
轨道交通电气装备	牵引变流系统	水冷型牵引变流系统	通过水循环或流动空气进行热量转移
		风冷型牵引变流系统	
	信息化与智能系统产品	中国机车远程监测与诊断系统 (CMD)	通过各个车载系统数据的自动汇聚、数据治理与传输，实现对列车的实时状态监测、自动控制、故障诊断与寿命预测等功能
		机车车载安全防护系统 (6A)	
动车组车载接触网运行状态检测装置 (3C)			
供电系统	机车自动驾驶系统	提供再生能量回馈、能量调度装置、智能电分相装置以及辅助监控系统等	
	再生能量回馈装置/双向变流装置		
	能量调度装置		
	智能电分相装置		
		智能供电系统/辅助监控系统	

测试装备	整车滚动/滚振试验台	对被试品性能参数进行测试及分析，满足客户对产品性能检验、系统功能验证的需求	
	交流传动试验台		
	变频器产品试验台		
轨道工程机械	重型轨道车	用于轨道交通线路基础设施的建设、检测、维修和养护	
	接触网作业车		
	大型养路机械		
	城市轨道交通工程车		
通信信号系统	列车运行监控 (LKJ) 系统	通信信号系统通过单向或双向通信方式，实现列车移动授权、间隔控制、调度指挥、信息管理、设备监测等功能，担负着指挥列车运行、保证行车安全、提高运输效率的重要任务	
	CTCS2-200C 型列控车载 (ATP) 系统		
	欧洲列车运行控制系统 (ETCS)		
	城市轨道交通信号系统 (CBTC)		
	全自动运行信号系统 (FAO)		
功率半导体器件	双极器件	整流管	大功率整流管设计电压覆盖 600V-8500V，额定电流范围 500A-10000A，采用烧结型和全压接型技术、冷压封装等工艺制造而成，具有阻断电压高、通态压降低、稳定性高和可靠性高等特点
		晶闸管	大功率晶闸管设计电压覆盖 600V-8500V，额定电流范围为 300A-7000A，采用烧结型和全压接型技术、冷压封装等工艺制造而成
		IGCT	采用缓冲层、透明阳极、门极硬驱动等新技术，是一种适用于 5MVA 以上电能转换装置的中高压开关器件，具有集成门极驱动、功率等级高、通态损耗小、浪涌电流大、电磁兼容能力强等特点
		功率组件	功率组件集成结构、散热、控制、保护与自检等多项功能，设计电压 200kV 以上，额定峰值电流 400kA 以上，具备功率密度大、集成度高、应用方便灵活、稳定可靠等优点
	IGBT 器件	IGBT 芯片	IGBT 是由 BJT 和 MOS 组成的复合全控型电压驱动式功率半导体器件，兼有 MOSFET 的高输入阻抗和 GTR 的低导通压降两方面优点
		IGBT 模块	IGBT 模块产品型谱覆盖 750V-6500V 全电压等级，其中高压 IGBT 模块采用第四代 DMOS 芯片，具有低导通压降、软关断特性、裕量大等特点
	SiC 器件	碳化硅肖特基二极管 (SiC SBD)	公司 SiC SBD 芯片覆盖 650V-3300V 电压等级，适合高频/大功率密度系统需求，可广泛应用于新能源汽车/混合动力汽车、不间断电源 (UPS)、风力发电、光伏逆变器、船舶运输、铁路运输、智能电网等领域。
		碳化硅金属-氧化物场效应晶体管 (SiC MOSFET)	公司 SiC MOSFET 芯片覆盖 650V-3300V 电压等级，适合高频/大功率密度系统需求。
	SiC 模块	公司 SiC 模块产品型谱覆盖 1200V-3300V 电压等级，具有低开关损耗，高工作结温，高耐压等特点。	

资料来源：公司招股说明书，天风证券研究所

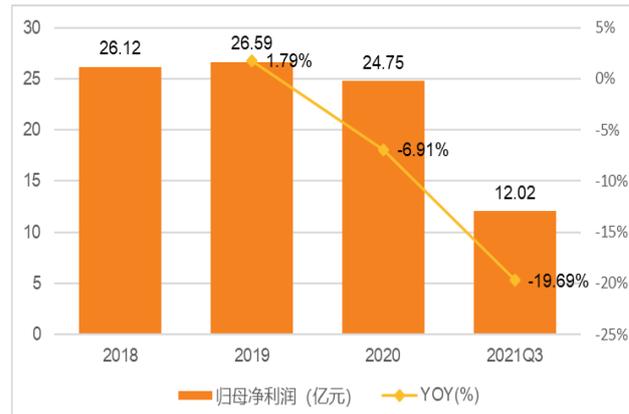
传统轨交业务受疫情冲击，功率半导体穿越周期有望带动业务持续向上。受新冠疫情影响，国铁集团对轨道交通车辆的招标时间略有延迟，城市轨道交通建设进度也存在一定程度的延期，使得公司营业收入有所下降。2021 年前三季度营业收入为 85.26 亿元，同比下降 13.70%；归母净利润 12.02 亿元，同比下降 19.69%。随着疫情的逐步稳定以及公司近年对功率半导体布局的持续推进，未来业绩或将重新增长。2020 年，公司功率半导体器件业务营业收入达到 8.01 亿元，较 2019 年度增长 54.48%；功率半导体产能也已于 2018 年 62 万只增长至 2020 年 79.4 万只。

图 64：时代电气营业收入（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 65：时代电气归母净利润（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

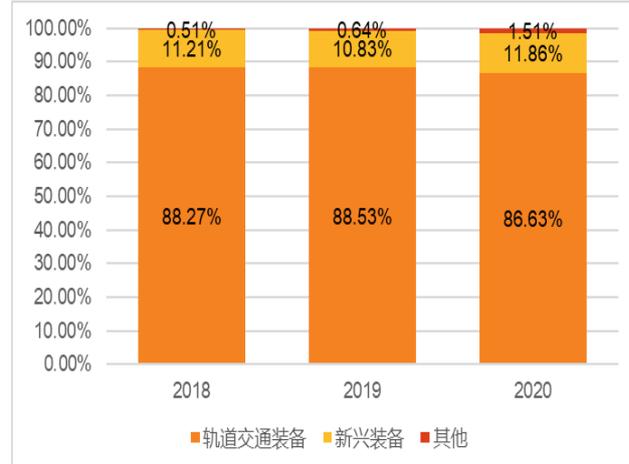
持续加大功率半导体投入，公司获利能力未来有望提升。公司近年综合毛利率和轨交业务毛利率较为稳定，2021 年前三季度公司综合毛利率 37.86%。功率半导体为代表的新兴装备毛利率则相对较低，2020 年新兴装备毛利率仅 22.15%，主要原因在于外部竞争加剧，以及公司功率半导体业务较小尚未形成规模效应。随着公司对功率半导体业务的持续投入和 IDM 模式的推进，预计未来公司的毛利率和净利率将有所提升。

图 66：时代电气毛利率与净利率（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 67：时代电气营收结构

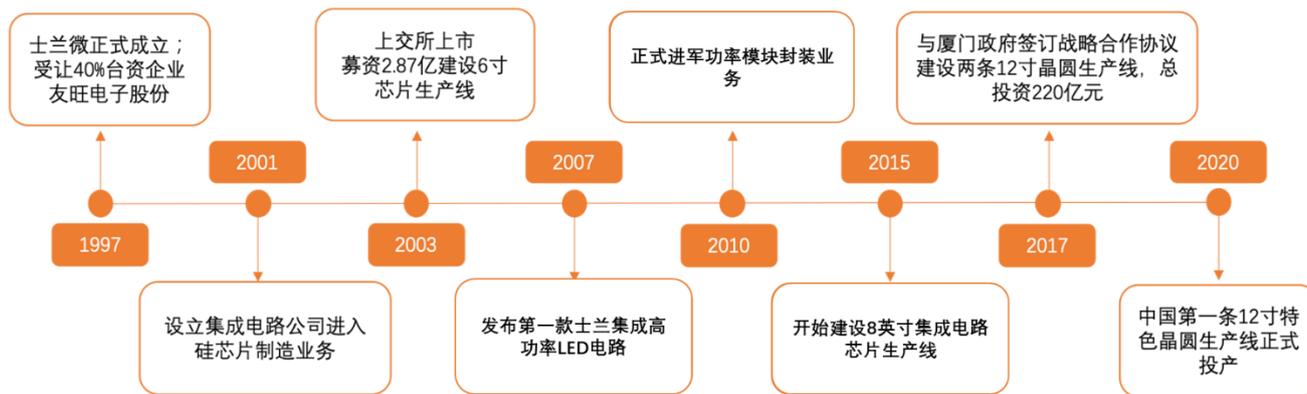


资料来源：wind，天风证券研究所

3.2. 士兰微：IDM 深耕功率 IGBT 赛道，12 英寸厂拥技术和产能优势

前瞻性布局 12 英寸晶圆产能，国内第一条 12 英寸 IDM 特色工艺产线。士兰微电子股份有限公司成立于 1997 年，是专业从事集成电路芯片设计以及半导体微电子相关产品生产的高新技术企业，是目前中国规模最大的集成电路芯片设计与制造一体（IDM）的半导体企业之一。2003 年公司正式在上交所上市，募集资金 2.89 亿用于 6 英寸晶圆生产线以及集成电路新品研发。2015 年，公司 8 英寸集成电路芯片生产线在下沙芯片制造基地奠基。2017 年与厦门沧海区政府签订战略合作协议建设两条 12 英寸特色工艺晶圆生产线。IC Insights 在 2021 年 2 月集成电路芯片制造企业的产能排名中，公司在 6 英寸及以下的芯片制造企业中生产规模居全球第 2 位。

图 68：士兰微发展历程



资料来源：公司官网，公司公告，天风证券研究所

产品业务种类繁多，协同促进公司业务发展。公司设计研发和工艺制造平台同时发展，形成了特色工艺技术与产品研究的紧密互动，以及集成电路、功率器件、功率模块、MEMS 传感器、光栅器件和化合物芯片的协同发展。公司依托 IDM 模式形成的设计与工艺相结合的综合实力，加快产品研发进度、提升产品品质、加强成本控制、向客户提供差异化产品与服务，提高了其向大型尝试配套体系渗透的能力。通过多个技术门类的半导体产品协同发展，公司产品得以成套进入整机应用市场，具有广阔的市场前景。

需求拉动+业务边际延展带动公司业务快速增长。公司 2020/2021Q3 年实现营收 42.81/52.22 亿元，同比增长 37.61%/76.18%，归母净利润为 0.68/7.28 亿元，同比增长 365.16%/1543.39%。根据 2020 年报板块拆分口径，公司营收主要来自器件、集成电路和 LED 三个板块，营收分别为 22.03/14.20/3.91 亿元，占比 51.47%/33.17%/9.13%。主营业务功率器件的下游主要为消费电子类、工业类、新能源汽车和 5G 相关产业，在疫情影响下，居家办公电子类需求增大叠加新能源及光伏景气度上升，功率半导体全球供不应求的局面。在全球半导体市场缺货涨价的大背景下，公司前瞻性布局叠加国产替代化持续性利好，公司迎来额外的发展机会。

图 69：士兰微营业收入（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

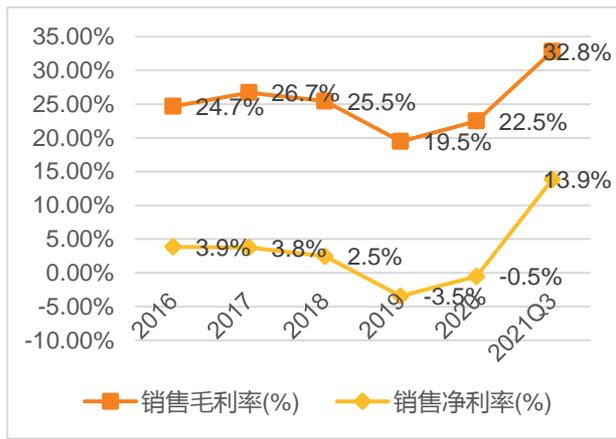
图 70：士兰微归母净利润（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

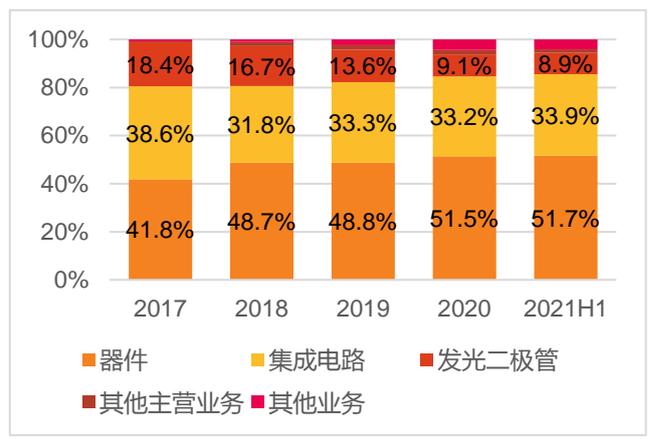
注重研发投入，持续优化产品结构，促进公司毛利率提升。公司注重研发投入，2018/2019/2020 研发支出分别为 3.50/4.26/4.86 亿元，研发人员数量分别为 2018/2231/2345 人。同时，公司器件业务占比稳中有升，发光二极管业务占比逐渐减小，利于公司整体毛利率持续提升。2021 年 Q3 毛利率/净利率为 32.84%/13.85%，同比变化 11.71pct/14.72pct。

图 71：士兰微毛利率与净利率（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 72：士兰微营收结构



资料来源：wind，天风证券研究所

3.3. 华润微：功率半导体 IDM 头部企业，内生+外延持续扩张

MOSFET 龙头企业地位稳固，内生式发展+外延式并购扩大版图。华润微电子有限公司是华润集团旗下主要负责微电子业务投资、发展和经营管理的企业，是中国领先的拥有芯片设计、晶圆制造、封装测试等全产业链一体化的半导体企业。公司前身为 1983 年创立的华科电子公司，于 2003 年经过一系列兼并重组置入 Central Semiconductor Cayman (CSMC)，同年作为上市主体向香港联交所申请上市，并于 2011 年私有化退市，2020 年登陆科创板。目前主营业务分为产品与方案、制造与服务两大业务板块，MOSFET 是公司最主要的产品之一，公司也是国内营业收入最大、产品系列最全的 MOSFET 厂商。

图 73：华润微发展历程



资料来源：公司官网，天风证券研究所

两大业务板块推动企业快速发展

1) 产品与方案板块：聚焦功率半导体、智能传感器，核心技术自主研发国内领先。公司产品与方案业务板块聚焦于功率半导体、智能传感器与智能控制领域，处于国内领先地位，2020 和 2021H1 分别实现营收 31.04、20.44 亿元，同比增长分别为 23.37%、49.31%。其中，根据 2020 半年报，分立器件为产品与方案板块主要产品，占该板块整体营收的 76.9%。

2) 制造与服务板块：创新步伐加快，全产业链优势差异化竞争。制造与服务板块聚焦于晶圆制造、封装测试等服务，受益新能源板块轮动+国产替代化浪潮，该板块营收增长明显，2020/2021H1 实现营收 38.27/23.83 亿元，同比增长 20.22%/42.14%。其中，根据 2020 半年报，晶圆制造占该板块整体营收的 65.30%、封装测试占该板块的 24.57%。

表 11: 公司业务板块

主营板块	2020 营收占比 (%)	2020 毛利率 (%)	主要产品	产品描述
产品与方案	44.49%	30.86%	功率半导体	MOSFET,IGBT,SBD,FRD 等
			功率 IC	AC-DC,LED 驱动 IC 等
			智能传感器、控制器等	MEMS 传感器, 光电传感器等、人机交互 MCU
制造与服务	54.86%	24.56%	晶圆制造	MOS、MEMES、DMOS 等制造工艺
			封装测试	数字芯片、模拟芯片、分立器件等测试工艺

资料来源: 公司官网, 天风证券研究所

下游需求持续增加, 扩产带动公司业绩持续向上。公司 2020/2021Q3 年实现营收 69.77/69.28 亿元, 同比增长 21.50%/41.70%, 归母净利润为 9.64/16.84 亿元, 同比增长 140.46%/145.20%。半导体需求不断扩张一度出现半导体全球缺货涨价行情。半导体扩产周期一般需要 1-2 年, 预计缺货行情短期不会被解决, 中国半导体行业未来将迎来黄金发展周期。

图 74: 华润微营业收入 (亿元) 及同比增速 (%)



资料来源: wind, 天风证券研究所

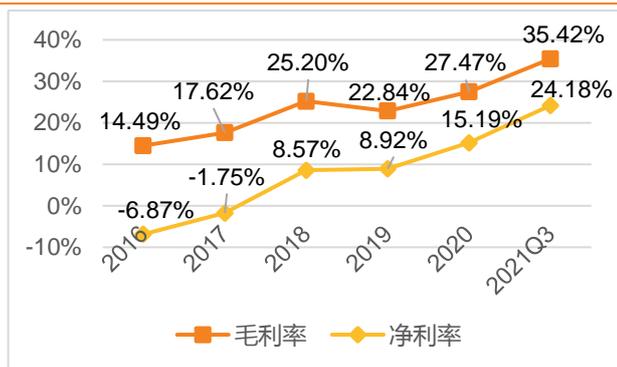
图 75: 华润微归母净利润 (亿元) 及同比增速 (%)



资料来源: wind, 天风证券研究所

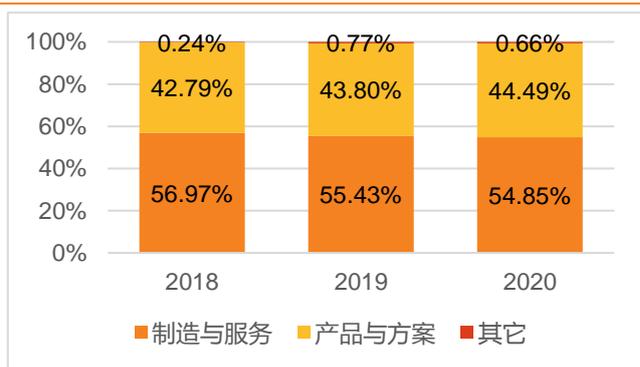
产品与方案业务收入占比持续扩大, 毛利率与净利率快速增长。公司持续加大研发投入, 研发支出从 2016 年的 3.46 亿元增长至 2020 年的 5.66 亿元。2021 前三季度, 公司研发支出为 5.03 亿元, 同比增长 35.58%。凭借对技术研发的注重, 公司产品受到下游客户认可, 产品与方案业务在公司的整体营收占比持续增长。此外, 公司毛利率与净利率也已显著提升, 2016~2020 年, 公司毛利率从 14.49% 提升至 27.47%, 净利率从 -6.87% 提升至 15.19%。2021 年前三季度, 公司毛利率与净利率快速增长, 分别达 35.42%、24.18%。

图 76: 华润微毛利率与净利率 (%)



资料来源: wind, 天风证券研究所

图 77: 华润微营收结构

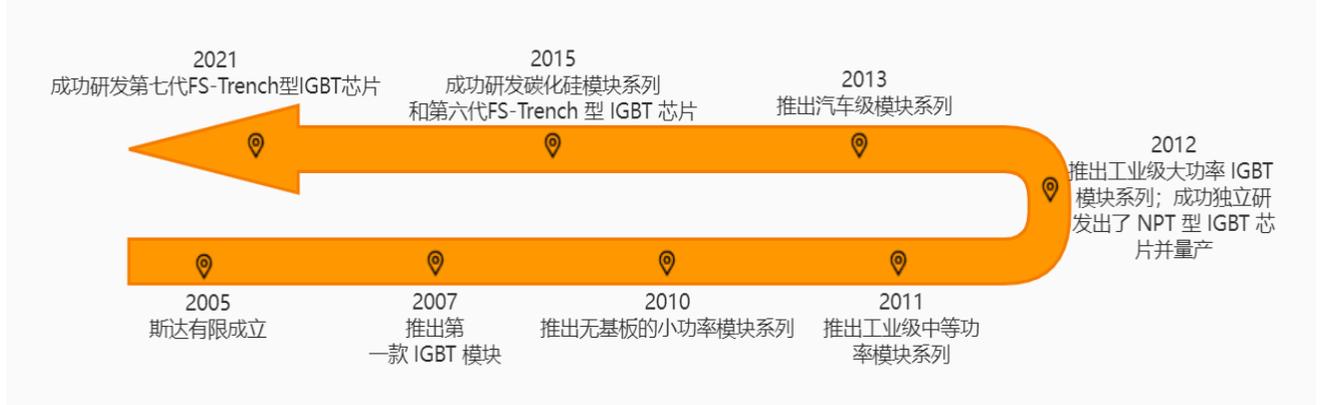


资料来源: wind, 天风证券研究所

3.4. 斯达半导体：IGBT 国内领先企业，募资 SiC 和高压产线打开成长

聚焦 IGBT 模块十五余年,产品应用领域广泛。公司自 2005 年成立以来,一直致力于 IGBT 芯片和快恢复二极管芯片的设计和工艺及 IGBT 模块的设计、制造和测试。自 2015 年公司成功独立研发出第六代 FS-Trench 型 IGBT 芯片后,又于 2021 年上半年成功研发第七代 FS-Trench 型 IGBT 芯片。公司凭借在 IGBT 行业的深厚积淀以及对 IGBT 芯片设计封装等核心技术的持续开发,现 IGBT 模块产品已应用于工业控制及电源、新能源、变频白色家电等多个领域,客户分布较广泛。

图 78: 斯达半导体发展历程



资料来源：公司招股书，天风证券研究所

公司营收 95%以上来自于 IGBT 模块,产品主要应用于工业控制及电源行业、新能源行业和白色变频家电行业。1)工业控制及电源行业:公司应用于工业控制和电源行业的 IGBT 模块的适用电流范围多为 0A-600A,多用于变频器、逆变器、感应加热和 UPS 等领域。2)新能源行业:应用于新能源领域的 IGBT 模块适用电流较高,最高可达 3600A,多用于新能源汽车中电机控制器、车载空调控制系统、充电桩,以及新能源发电中的逆变器等。3)白色变频家电行业:IGBT 模块作为白色家电内部变频器的核心元器件,具有高频开闭合的功能,从而达成较小的导通损耗、开关损耗和强大的抗短路能力。与此同时,较小的电压尖峰也能对家电起到保护作用。

表 12: 公司主要 IGBT 产品

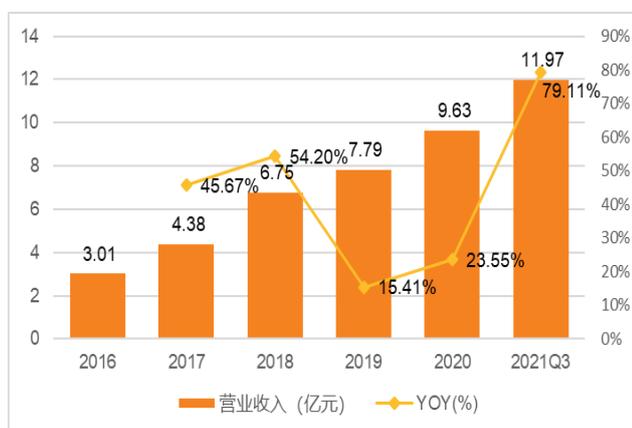
项目分类	产品系列	电流范围	应用场景
工业控制及电源行业	C1	50A-100A	变频器、逆变焊机、感应加热、UPS
	C2/C2.3	100A-400A	变频器、感应加热、电镀电源
	C2.1	400-600A	变频器、UPS
	C5	10-40A	变频器
	C6	50-150A	变频器, UPS
	C8/C8.1	100-200A	UPS、电镀电源
新能源行业	C4	1800-3600A	风力发电、智能电网
	B3/B3.1/B3.2	100-400A	新能源汽车
	P1	600-900A	风力发电、光伏发电、新能源汽车
	P2	1000-1400A	风力发电、光伏发电、新能源汽车
	P3	225-400A	新能源汽车
	P4	400-800A	新能源汽车
	C6.1	225-600A	风力发电、光伏发电、新能源汽车
C7	225-600A	风力发电、光伏发电、新能源汽车	

资料来源：公司招股说明书，天风证券研究所

新能源行业收入占比持续攀升，带动公司业绩快速增长。公司 2021 年前三季度营业收入达到 11.97 亿，同比增加 79.11%；归母净利达到 2.67 亿，同比增长 98.71%。新能源收入方面，公司 2021 年上半年新能源行业收入 1.84 亿元，同比增长 162.92%。目前，公司基于第六代 Trench Field Stop 技术的 650V/750V IGBT 芯片及配套快恢复二极管芯片的模块新增多个双电控混动以及纯电动车型的主电机控制器平台定点，自主 IGBT 芯片的模块和分立器件也在国内主流光伏逆变器客户开始大批量装机应用，这将对未来公司新能源行业 IGBT 模块销售增长提供持续推动力。

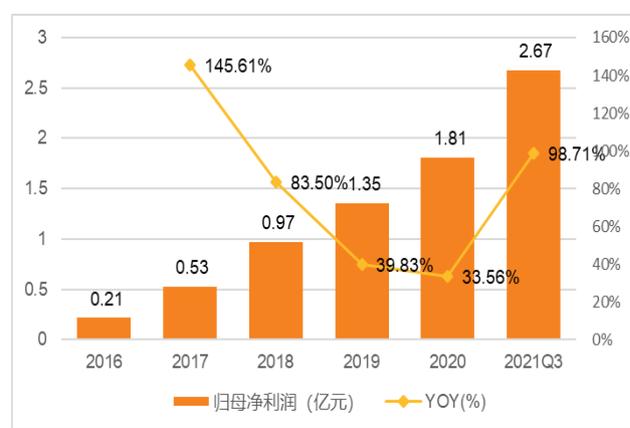
布局积极布局宽禁带半导体模块，SiC 或成新增长点。2021 年上半年，公司继续布局宽禁带功率半导体器件。在机车牵引辅助供电系统、新能源汽车行业控制器、光伏行业推出的各类 SiC 模块得到进一步的推广应用。在新能源汽车领域，公司新增多个使用全 SiC MOSFET 模块的 800V 系统的主电机控制器项目定点，将对公司未来 SiC 模块销售增长提供持续推动力

图 79：斯达半导营业收入（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 80：斯达半导归母净利润（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

募投项目自建厂房，助力公司业务加速发展。公司 2021 年 9 月发布非公开发行 A 股股票预案，预计本次非公开发行股票募集资金总额不超过 35 亿元，项目计划建设周期为 3 年。包含以下项目：1) 高压特色工艺功率芯片研发及产业化项目通过新建厂房及仓库等配套设施，用于实施高压特色工艺功率芯片的研发和产业化项目。项目达产后，预计将形成年产 30 万片 6 英寸高压特色工艺功率芯片生产能力；2) SiC 芯片研发及产业化项目拟通过新建厂房及仓库等配套设施，开展 SiC 芯片的研发和产业化。项目达产后，预计将形成年产 6 万片 6 英寸 SiC 芯片生产能力。

图 81：公司非公开发行非公开发行股票募集资金项目

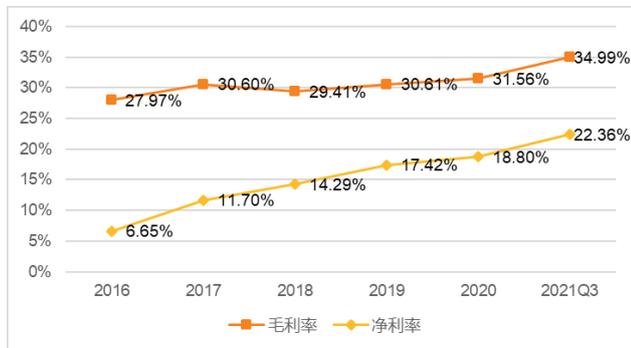
单位：万元

序号	项目名称	投资总额	拟投入募集资金金额
1	高压特色工艺功率芯片研发及产业化项目	150,000.00	150,000.00
2	SiC 芯片研发及产业化项目	50,000.00	50,000.00
3	功率半导体模块生产线自动化改造项目	70,000.00	70,000.00
4	补充流动资金	80,000.00	80,000.00
合计		350,000.00	350,000.00

资料来源：公司公告，天风证券研究所

公司产品量价齐升，获利能力有望持续向上。公司近年销售 IGBT 模块单价和数量逐年提升，平均单价从 2016 年的 162.35 元提升至 2019 年的 177.52 元，1200V IGBT 模块销量从 2016 年的 157.9 万个增长至 173 万个。2021 年前三季度公司毛利率达到 34.99%，净利率达到 22.36%。随着技术水平的持续增强和下游新能源需求的增加，预计未来毛利率和净利率有望持续提升。

图 82：斯达半导毛利率与净利率（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 83：斯达半导主营业务收入结构



资料来源：wind，天风证券研究所

3.5. 新洁能：国内 MOSFET 领军企业，IGBT 开启第二增长曲线

深耕 MOSFET，专注设计采用 Fabless 模式。无锡新洁能股份有限公司设立于 2013 年，是国内领先的半导体功率器件设计企业之一，公司使用专业化垂直分工模式（Fabless），在 2016~2019 年间被中国半导体协会连续 4 年评为中国半导体功率器件十强企业。公司的主营业务为 MOSFET、IGBT 等半导体芯片和功率器件的研发设计及销售，在国内 MOSFET 等功率器件市场占有率名列前茅。公司在 Fabless 轻资产模式下专注设计，并基于先进理论技术开发领先产品，是国内最早同时拥有沟槽型功率 MOSFET、超结功率 MOSFET、屏蔽栅功率 MOSFET 及 IGBT 四大产品平台的本土企业之一。

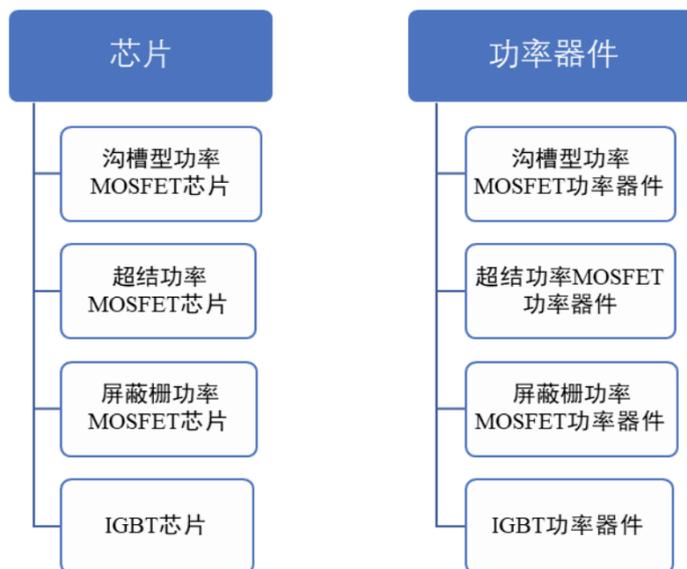
图 84：新洁能发展历程



资料来源：wind、公司官网，招股说明书，天风证券研究所

公司主要业务可分为芯片和功率器件两大类。公司主营业务为 MOSFET、IGBT 等半导体芯片和功率器件的研发设计及销售，可被广泛应用于消费电子、汽车电子、工业电子、新能源汽车/充电桩、智能装备制造、物联网、光伏新能源等领域。根据是否封装，公司产品可以分为芯片和功率器件，其中，功率器件主要由公司委托外部封装测试企业对芯片进行封装测试而成。

图 85：新洁能产品分类



资料来源：公司招股书，天风证券研究所

公司持续加大研发投入，多个 IGBT 产品已实现量产:1) 针对工业变频和工业逆变的 1200V IGBT 功率集成模块 (PIM) 陆续产出，并形成批量销售；2) 针对光伏储能市场的开发的低损耗高频 IGBT 系列产品已经通过多家行业代表客户测试，并接到客户批量订单；3) 1700V 450A 和 600A IGBT 功率模块已经通过客户功能测试，正在进行老化测试。

下游需求快速增长叠加国产替代进程持续加速，有望带动公司业务持续向上。公司 2020/2021Q3 年实现营收 9.55/10.99 亿元，同比增长 23.62%/65.05%，归母净利润为 1.39/3.11 亿元，同比增长 41.89%/207.83%。2021 年上半年，半导体行业上游晶圆代工产能紧张、海外疫情持续紧张导致进口元器件供应不足，叠加各下游行业，如汽车、光伏逆变器等需求快速增长，带动功率半导体需求持续向上；国产替代进程进一步加速，公司的 MOSFET、IGBT 等产品需求有望保持快速增长。

图 86：新洁能营业收入（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 87：新洁能归母净利润（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

产品结构持续优化有望带动盈利能力持续提升。公司毛利率相对稳定，长期保持在 15% 以上，功率器件毛利大于功率芯片，且该板块营收占比增加，毛利率、净利率将进一步优化。公司逐步减少毛利较低、竞争较为激烈的市场领域的销售，将更多的资源投入到中高端市场领域中；此外，由于上游产能日趋紧张，公司一方面将更多的资源从低毛利产品向高毛利产品转移，另一方面将更多的资源投向更高端更先进产品的研发设计与生产。公司积极进行研发升级与产品技术迭代；持续开发与维护供应链资源，争取更多的产能支持；同时，优化市场结构、客户结构及产品结构，开拓新兴市场与开发重点客户。2018~2020，

公司持续加大研发投入，2018、2019、2020 年研发支出逐年上升，分别为 0.33、0.34、0.52 亿元。2021 前三季度，公司研发支出达到 0.50 亿元，同比增长 72.41%。

图 88：新洁能毛利率与净利率（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 89：新洁能营收结构



资料来源：wind，天风证券研究所

2021 年 11 月公司发布 2021 年度非公开发行 A 股股票预案。本次非公开发行拟募集资金总额不超过 14.5 亿元；本次募集资金投资项目包含：1) 第三代半导体 SiC/GaN 功率器件及封测的研发及产业化，将新增 SiC/GaN 的封装测试产线，实现部分器件的自主封装，本募投项目建设期为 24 个月，预计按计划投入建设并如期投产后的第 1 年达产率为 40%，第 2 年达产率为 80%，第 3 年起达到设计生产能力。2) 功率驱动 IC 及智能功率模块 (IPM) 的研发及产业化助于与公司现有产品形成配套，并延伸产品应用，为客户提供全方位、多样化的产品和服务。3) SiC/IGBT/MOSFET 等功率集成模块（含车规级）的研发及产业化目在公司原有 MOSFET、IGBT 等单管的研发基础上延伸相关模块研发及产业化，有利于公司进一步抓住下游行业发展的契机，并在光伏新能源及新能源汽车等新兴应用领域占据更大的市场份额。

图 90：公司非公开发行非公开发行股票募集资金项目

单位：万元

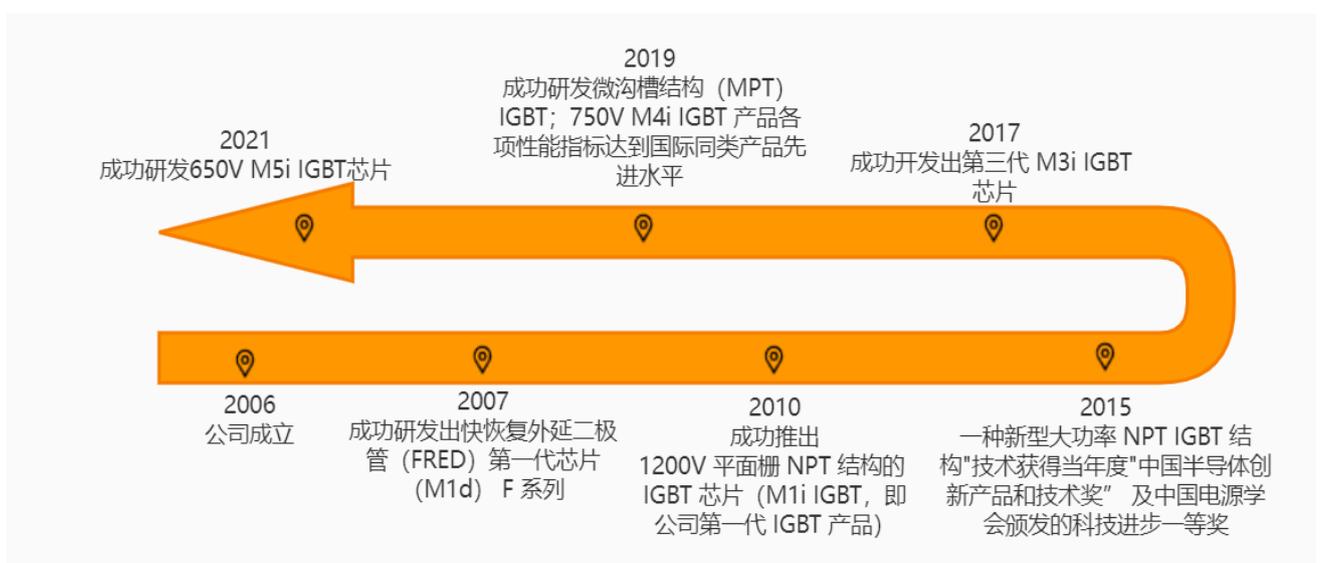
项目名称	总投资金额	拟投入募集资金金额
第三代半导体 SiC/GaN 功率器件及封测的研发及产业化	22,380.52	20,000.00
功率驱动 IC 及智能功率模块 (IPM) 的研发及产业化	61,726.54	60,000.00
SiC/IGBT/MOSFET 等功率集成模块（含车规级）的研发及产业化	50,852.30	50,000.00
补充流动资金	15,000.00	15,000.00
合计	149,959.36	145,000.00

资料来源：新洁能公告，天风证券研究所

3.6. 宏微科技：IGBT 行业新星，受益新能源、工控应用需求快速发展

深耕 IGBT 近十五年，绑定龙头客户彰显公司产品技术优势。公司自 2006 年成立以来，一直从事 IGBT、FRED 为主的功率半导体芯片、单管、模块和电源模组的设计、研发、生产和销售，并为客户提供功率半导体器件的解决方案。目前，公司已成功研发 650V M5i IGBT 芯片，可与英飞凌第五代 IGBT5 系列产品对标。同时，公司与台达集团、汇川技术、佳士科技、奥太集团、苏州固得、盛弘股份、英可瑞、科士达等行业龙头或知名企业客户也已建立较为稳定的配套合作关系。

图 91：宏微科技功率半导体发展历程



资料来源：公司招股书，天风证券研究所

目前，公司产品已涵盖 IGBT、FRED、MOSFET 芯片及单管产品 100 余种，IGBT、FRED、MOSFET、整流二极管及晶闸管等模块产品 400 余种。

1) **模块**：通过自有生产线将 IGBT、FRED、MOSFET 等芯片组合封装在一起，包括一般 IGBT、FRED、MOSFET、整流二极管、晶闸管和定制化模块。公司模块销量增长迅速，已从 2018 年 204.88 万只增长至 2020 年 301.01 万只。

2) **单管**：主要包括 IGBT、FRED、MOSFET 单管。单管产品主要是指将一个 IGBT 芯片单独或与 FRED 芯片、MOSFET 芯片通过芯片焊接和铝丝键合至铜框架基板上，接入电极，并通过塑封外壳封装而成。公司单管销量已从 2018 年 1,629.94 万只增长至 2020 年 1,863.79 万只。

3) **芯片**：主要包括 IGBT、FRED、MOSFET 芯片。公司采用自主知识产权进行芯片版图和工艺流程设计，委托芯片代工企业生产。芯片代工企业负责芯片的制造，芯片制造完后，在代工企业进行必要的芯片级的测试。

4) **电源模组产品**：主要指 MMDDS 系列。公司的电源模组产品主要为 DC/DC 电源转换器产品，功率涵盖 1.2KW-2KW，适用于新能源纯电动大巴车空调控制器，也可用于电池热管理系统，产品具有输出效率高、工作温度范围宽、高效率高功率密度等特点，IP67 防护等级，自然冷却，具备完善的保护功能。

表 13：宏微科技主要产品

产品分类	产品系列	产品描述
芯片	IGBT、FRED、MOSFET	公司采用自主知识产权进行芯片版图和工艺流程设计，委托芯片代工企业生产。芯片代工企业负责芯片的制造，如在半导体晶圆（硅片）上进行扩散、氧化、光刻、刻蚀、离子注入、终端钝化和正面与背面金属化等半导体工艺制造流程。芯片制造完后，在代工企业进行必要的芯片级的测试。
单管	IGBT、FRED、MOSFET	单管产品主要是指将一个 IGBT 芯片单独或与 FRED 芯片、MOSFET 芯片通过芯片焊接和铝丝键合至铜框架基板上，接入电极，并通过塑封外壳封装而成。
功率半导体模块 (含定制模块)	IGBT、FRED、MOSFET、整流二极管、晶闸管	公司采用自主知识产权设计的标准模块或与客户共同开发设计的定制模块，通过自有生产线将 IGBT、FRED、MOSFET 等芯片组合封装在一起，模块中除芯片以外，主要由 DBC 基板、铝线或铜线、金属端子、铜底板、外壳、硅凝胶等材料组成。芯片通过焊料焊接在 DBC 基板上、连同铜基板和塑封外壳等给芯片提供支撑、电气隔离、保护、散热以及电气连接等作用，并通过引线与外部电路进行连接。
	定制模块	根据客户特定需求，定制相应的功率半导体模块，如智能模块集成了功率芯片单元、驱动电路、保护电路等，具有集成化、智能化和高可靠性等特点

电源模组
产品

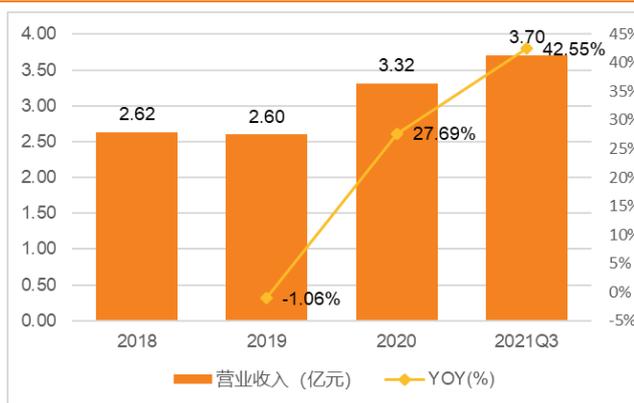
MMDSS

点。功率芯片适用 Si 基 IGBT、MOSFET，以及 SiC MOSFET 等。
公司的电源模组产品主要为 DC/DC 电源转换器产品，功率涵盖 1.2KW-2KW，适用于新能源纯电动大巴车空调控制器，也可用于电池热管理系统，产品具有输出效率高、工作温度范围宽、高效率、高功率密度等特点，IP67 防护等级，自然冷却，具备完善的保护功能。

资料来源：公司招股说明书，天风证券研究所

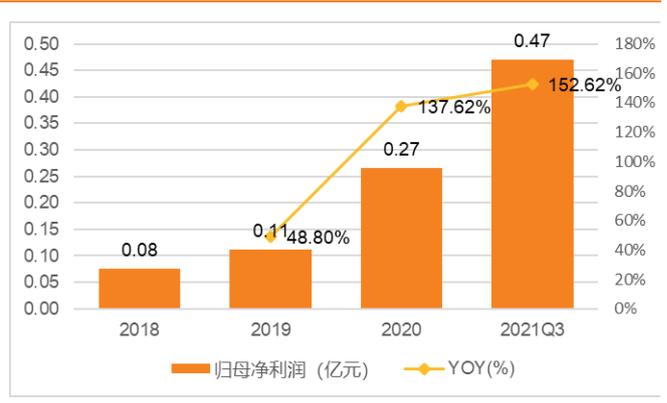
新能源行业需求增加，带动公司业绩快速增长。公司现已成为华为技术光伏逆变器的的供应商之一。2020 年 2 月，公司与华为技术签订了《关于光伏 IGBT 产品的合作协议》，合同期限至 2025 年 12 月 31 日，目前相关产品质量已满足客户要求。公司 2021 年前三季度营业收入达到 3.70 亿元，同比增长 56.30%，归母净利润 0.47 亿元，同比增长 152.62%。随着新能源需求持续增加，未来公司业绩将持续增长。

图 92：宏微科技营业收入（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

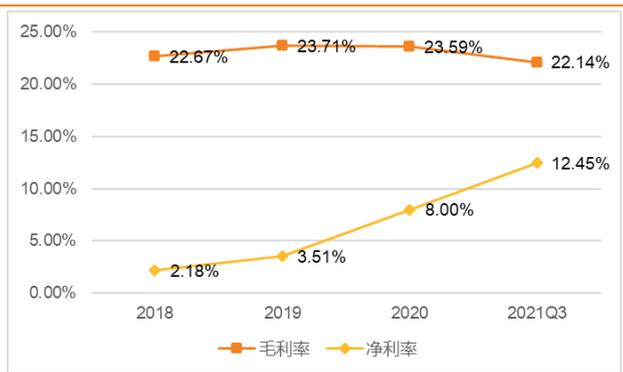
图 93：宏微科技归母净利润（亿元）及同比增速（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

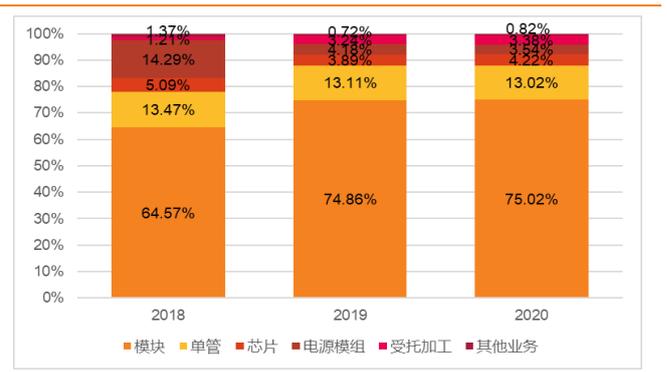
模块产能持续扩张，规模效应有望带动公司盈利能力持续向上。公司产能持续提升，模块产能由 2018 年 196 万只扩张至 2020 年 300 万只，规模效应逐渐显现。2021 年前三季度毛利率 22.14%，保持稳定；净利率 12.45%，较去年同期增长 4.74pct。2021 年募投产能预计新增模块 340 万台/套，随着规模的持续扩大，公司未来盈利能力有望继续提升。

图 94：宏微科技毛利率与净利率（%）



资料来源：wind，天风证券研究所

图 95：宏微科技营收结构



资料来源：wind，天风证券研究所

4. 风险提示：

景气度不如预期。半导体分立器件作为基础性电子元器件，下游分布较为广泛，行业与宏观经济的整体发展的景气程度密切相关，如果宏观经济波动较大或长期处于低谷，半导体分立器件行业的市场需求也将随之受到影响。

产品升级迭代不如预期。功率半导体行业的研发存在周期较长、资金投入较大的特点，技术和产品升级迭代的进度不如预期，对于该行业的发展以及企业经营的业绩成长可能存在不如预期的风险。

产能紧缺风险。从去年三季度开始，半导体芯片产业链就面对产能不足风险，产能不足问题可能影响相关企业产品出货量，进而影响未来相关市场扩张速度。

系统性风险。中美科技战仍在继续，半导体行业作为热门竞争行业，相关芯片企业未来经营情况可能受政治因素影响。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

天风证券研究

北京	武汉	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号	湖北武汉市武昌区中南路 99	上海市虹口区北外滩国际	深圳市福田区益田路 5033 号
邮编：100031	号保利广场 A 座 37 楼	客运中心 6 号楼 4 层	平安金融中心 71 楼
邮箱：research@tfzq.com	邮编：430071	邮编：200086	邮编：518000
	电话：(8627)-87618889	电话：(8621)-65055515	电话：(86755)-23915663
	传真：(8627)-87618863	传真：(8621)-61069806	传真：(86755)-82571995
	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com